

**DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE ADSORCIÓN DE LA CÁSCARA
DE CAFÉ Y CÁSCARA DE PAPA EN LA REMOCIÓN DE Cr (VI) PRESENTE
EN AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE UNA CURTIEMBRE DE
PANDIACO.**

JANETH CAROLINA PABÓN PATIÑO

WILLIAM ALEXANDER ROSAS AREVALO

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA – UNAD

ESCUELA DE CIENCIAS BASICAS Y TECNOLOGICAS

PROGRAMA DE QUÍMICA

SAN JUAN DE PASTO

2016

**DETERMINACIÓN DE LA EFICIENCIA DE ADSORCIÓN DE LA CÁSCARA
DE CAFÉ Y CÁSCARA DE PAPA EN LA REMOCIÓN DE Cr (VI) PRESENTE
EN AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DE UNA CURTIEMBRE DE
PANDIACO.**

JANETH CAROLINA PABÓN PATIÑO

WILLIAM ALEXANDER ROSAS AREVALO

Trabajo de grado presentado como requisito

Para optar al título de Químico

Director: Mg. Mery Liliana López Martínez

UNIVERSIDAD NACIONAL ABIERTA Y A DISTANCIA – UNAD

ESCUELA DE CIENCIAS BASICAS Y TECNOLOGICAS

PROGRAMA DE QUÍMICA

SAN JUAN DE PASTO

2016

LISTA DE CONTENIDOS

RESUMEN	7
INTRODUCCION	8
1. CAPÍTULO 1.....	9
1.1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA.....	9
1.2 JUSTIFICACION.....	10
1.3. OBJETIVOS.....	11
1.4. MARCO CONTEXTUAL	12
1.5. MARCO DE ANTECEDENTES.....	14
1.6. MARCO LEGAL	20
1.7. MARCO TEORICO.....	23
1.7.1. CURTIEMBRES.....	23
1.7.2. CROMO HEXAVALENTE.....	27
1.7.3. ALTERNATIVAS EN LA REMOCION DE CROMO HEXAVALENTE.	28
1.7.4. PROCESO DE ADSORCION.....	29
1.7.5. BIOADSORCION	30
1.7.6. METODO ANALITICO.....	35
2. METODOLOGIA	36
3. RESULTADOS	48
4. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS	50
5. CONCLUSIONES.....	63
6. RECOMENDACIONES.....	65
7. BIBLIOGRAFIA.....	66
8. ANEXOS	74
8.1. ANEXO A.....	75
8.2. ANEXO B.....	76
8.3. ANEXO C.....	77
8.4. ANEXO D	86

LISTA DE FIGURAS

	Pagina
Figura 1. Ubicación Geográfica de la Curtiembre.....	12
Figura 2. Fotografía Curtiembre.....	13
Figura 3. Toma satelital de la Curtiembre.....	13
Figura 4. Foto Curtiembre y Afluente Rio Pasto.....	14
Figura 5. Proceso de curtido a cromo.....	26
Figura 6: Explicación de curtido a cromo.....	27
Figura 7. Reacciones del Cr (VI) y Cr (III).....	29
Figura 8. Esquema del proceso de adsorción y desorción de sólidos porosos.....	30
Figura 9. Proceso de bioadsorción.....	32
Figura 10. Toma directa de la Muestra de agua de Curtiembre.....	36
Figura 11. Solución de 1000 ppm de Cr (VI).....	37
Figura 12. Preparación de muestras de Dicromato.....	38
Figura 13. Muestras de Dicromato de Potasio.....	38
Figura 14. Crisoles con Cascara de Papa.....	40
Figura 15. Ingreso de los crisoles a la Estufa MEMMERT U400.....	42
Figura 16. Trituración de la Biomasa en licuadora marca Oster.....	43
Figura 17. Paso de las partículas por malla metálica.....	44
Figura 18. Diseños factoriales completos 2^3	44
Figura 19. Filtración a gravedad de la biomasa.....	47

LISTA DE TABLAS

	Pagina
Tabla 1. Generalidades de los residuos de Cr (VI).....	28
Tabla 2. Pesos de crisoles vacíos y llenos.....	40
Tabla 3. Masa constante del biomaterial.....	41
Tabla 4. Equipo utilizado para la deshidratación de biomasa en el análisis de absorción de Cr (VI).....	42
Tabla 5. Activación de la cascara de café con KOH.....	45
Tabla 6. Activación de la cascara de papa con KOH	46
Tabla 7. Resultados obtenidos en el tratamiento de biomasa para la adsorción de Cr (VI).....	49
Tabla 8. Valores máximos Admisibles.....	51
Tabla 9. Comparación de mejora de la absorción.....	53

LISTA DE GRÁFICAS

Pagina

Gráfica 1. Porcentaje de Remoción de Cr (VI) (0.5mm)	54
Gráfica 2. Porcentaje de Remoción de Cr (VI) (0.8mm)	55
Gráfica 3. Comparación Porcentaje de Remoción promedio.....	56
Gráfica 4. Carga de adsorción Cr (VI) (0.5 mm)	58
Gráfica 5. Carga de adsorción Cr (VI) (0.8mm)	59

RESUMEN

Con el presente trabajo se determinó la eficiencia de la adsorción de la cáscara de café y la cáscara de papa en la remoción de Cr (VI) presente en la descarga de agua residual de una curtiembre del sector de Pandiaco, la cual vierte su contenido directamente al Río Pasto.

Para esta investigación se determinó la concentración de Cromo (VI) en una muestra de agua por el método de Espectrometría de Absorción Atómica. Teniendo en cuenta el resultado arrojado en el análisis de la concentración del Cr (VI) (165 ppm), se elaboró una serie de muestras sintéticas con la misma concentración de Cr (VI) del agua de curtiembre, a través de un diseño experimental 2^3 , a las cuales se les implementó el material bioadsorbente donde los factores considerados fueron: Tamaño de la partícula de bioadsorbente (0.5 - 0.8mm), tiempo de activación de las cáscaras (4 h) masa del bioadsorbente activado (1 - 2g) y un pH ácido de 3. Para cuantificar el Cr (VI) en los residuos líquidos y para calcular los porcentajes de remoción de cromo hexavalente, en la bioadsorción se empleó el carbón activado (como control) y una muestra sin bioadsorbente como referencia de la concentración Inicial, para un total de 10 muestras analizadas.

Los resultados arrojaron que, manteniendo las condiciones descritas, y mediante una activación en medio básico con KOH 10% de las cáscaras de Papa y café, la concentración de las soluciones disminuyó considerablemente en relación al carbón activado utilizado como referencia comercial.

INTRODUCCION

Para la determinación de la eficiencia de adsorción de la cáscara de café y cáscara de papa en la remoción de Cr (VI) presente en aguas residuales provenientes de una curtiembre de Pandiaco ubicada en el departamento de Nariño, en la ciudad de Pasto · se determina la concentración de Cr (VI) en el punto de descarga para posteriormente elaborar soluciones sintéticas para determinar la eficiencia en la remoción del metal y finalmente evaluar la capacidad de adsorción de la cáscara de café y de papa, puesto que se puede resaltar que la descarga de metales pesados al ambiente a partir de actividades industriales causa numerosos problemas debido a la toxicidad intrínseca, a su bioacumulación, y a su persistencia en la naturaleza (Sud et al., 2008).

Las técnicas de remoción convencionales de metales en solución, el intercambio iónico o la precipitación química, son a menudo costosas o poco efectivas en presencia de bajas concentraciones del contaminante (Fu & Wang, 2011). La biosorción, captación pasiva de tóxicos por materiales biológicos, es un procedimiento alternativo competitivo, efectivo y de bajo costo, como se pretende en el desarrollo de este trabajo.

La cáscara de café y de papa son subproductos agrícolas importantes de la región de Nariño (Colombia) que, a pesar de sus diversas características, tienen gran potencial no sólo para generar energía sino también para obtener subproductos de mayor valor agregado. La presencia de compuestos tales como celulosa, hemicelulosa, lignina y sílice en estos materiales con sitios de unión capaces de secuestrar metales, permiten sugerir el uso potencial de este residuo en la detoxificación de ambientes contaminados con cromo (VI), de una forma ambientalmente amigable y costo-efectiva, como se quiere mostrar en este trabajo de grado.

1. CAPÍTULO 1

1.1. DESCRIPCION DEL PROBLEMA

Uno de los campos que preocupa al desarrollo humano y su relación con el ambiente, es la generación de residuos y su adecuado tratamiento para que el impacto sea negativo. Algunos de estos residuos son clasificados como peligrosos y pueden afectar el ecosistema, por lo que los generadores tienen la responsabilidad de realizar las acciones correctivas necesarias para que no ocasionen daños a su entorno (Gómez, 2012).

La presencia de metales pesados en cuerpos acuáticos constituye un problema grave de contaminación, debido a la toxicidad intrínseca, a su bioacumulación, y a su persistencia en la naturaleza (Elangovan, et.al., 2008). La mayor fuente de estos metales es la descarga inadecuada de aguas de desecho industrial, estos efluentes se deben tratar con el fin de minimizar su concentración, considerando el gran impacto ambiental que generan (Gil, Cabrera & Jaramillo, 2003).

Dentro de los metales pesados se encuentra el Cr (VI), un ion peligroso extremadamente móvil en ambientes acuáticos y suelos, es un fuerte agente oxidante fácilmente absorbido por la piel, incluso en pequeñas cantidades que irrita los tejidos de plantas y animales (García, 2014 El United States Department of Health & Human Services (USA, 2003) indica a modo de ejemplo que respirar aire con niveles de cromo (VI) de 0.002 mg/m³ en forma continua, provoca perforaciones en el tabique nasal con pérdidas de sangre, úlceras o asma. Lo mismo ocurre con su ingestión, lo cual provoca trastornos y úlceras estomacales, convulsiones, daños al hígado y riñón; o úlceras en la piel si el contacto es externo. Todo esto se produce debido a que el cromo (VI) en caso de ser asimilado por humanos busca siempre su forma estable cromo (III). Las reacciones que lo llevan de la forma (VI) a (III) generan el consiguiente perjuicio para la salud

derivando en procesos tóxicos, carcinógenos y mutagénicos (Ulrich, 1987; Losi et al., 1994).

En el caso específico de la ciudad de Pasto, la presencia de varias curtiembres que vierten sus aguas directamente al Río Pasto, se convierten en una fuente de cromo VI, ya que no se realiza un tratamiento de las aguas de sus descargas y afecta a los diferentes ecosistemas que se encuentran aguas abajo de las descargas de estas empresas.

En la actualidad, a pesar de la importancia que tiene el Río Pasto, no se ha realizado un monitoreo frecuente de sus características, químicas, físicas y biológicas, se han realizado estudios aislados que evalúan el impacto de las curtiembres, pero no se han adelantado estudios que permitan minimizar la concentración de cromo VI en las descargas de aguas residuales de estas industrias.

Con el panorama descrito anteriormente, el desarrollo de este trabajo se guió bajo la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál es la eficiencia de remoción de Cr (VI) de aguas residuales de una curtiembre empleando cáscara de café y cáscara de papa como bioadsorbentes?

1.2 JUSTIFICACION

Este proyecto de investigación es importante porque se enfocó hacia la implementación de soluciones ante la degradación avanzada que están sufriendo los recursos hídricos con el vertido incontrolado de residuos químicos y la necesidad de poder disponer de técnicas económicamente asequibles.

El vertido incontrolado de residuos químicos como el Cr(VI), como sucede con las aguas residuales de la curtiembre de Pandiaco está causando serios problemas a los recursos

hídricos, poniendo en peligro en muchos casos el equilibrio de los distintos ecosistemas y la salud pública de habitantes de los mismos. El creciente aumento en la sensibilidad de la opinión pública ante el problema de la contaminación de las aguas generado por los residuos químicos, ha hecho que el control de los residuos sea más exigente día a día y que se estén introduciendo normas cada vez más restrictivas sobre el contenido permitido de compuestos tóxicos o peligrosos en los vertidos de aguas residuales provenientes de curtiembres que llegan a los diferentes ríos y lagos.

El estudio de las propiedades de la biomasa cáscara de café y cáscara de papa como adsorbente en este proyecto posee un gran interés basado en la búsqueda de nuevos procesos para el tratamiento de residuos inorgánicos tóxicos. Este proyecto fue planteado a modo de desarrollar un sistema de tratamiento de las aguas residuales mediante el cual los iones metálicos, especialmente Cr (VI), pueden ser removidos de los efluentes.

El presente trabajo propuso una técnica sencilla y práctica, utilizando un material accesible y económico como la cáscara de café y de papa para ser modificadas químicamente y ver la eficiencia de adsorción que ellas tienen frente al cromo (VI) de soluciones sintéticas en medio ácido, como una alternativa a los procesos de remoción convencionales.

1.3. OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar la eficiencia de adsorción de la cáscara de café y cáscara de papa en la remoción de cromo (VI) presente en aguas residuales provenientes de la curtiembre de Pandiaco.

1.3.2. OBJETIVO ESPECIFICO

- Determinar la concentración de Cr (VI) en el punto de descarga de una curtiembre de Pandiaco.
- Elaborar soluciones sintéticas para determinar la eficiencia en la remoción de Cr (VI).
- Evaluar la capacidad de adsorción de la cáscara de café y de papa en la remoción de Cr (VI).

1.4. MARCO CONTEXTUAL

La presente investigación fue desarrollada en una Curtiembre del sector de Pandiaco, ubicada en la Carrera 47 del sector de Pandiaco en la Ciudad de Pasto, Nariño, Colombia. (Latitud: 1.232313, Longitud -77.290398, Altitud: 2481 m) Ver figura 1 y 2.

Figura 1. Ubicación Geográfica de la Curtiembre



Fuente: <https://www.google.es/maps>

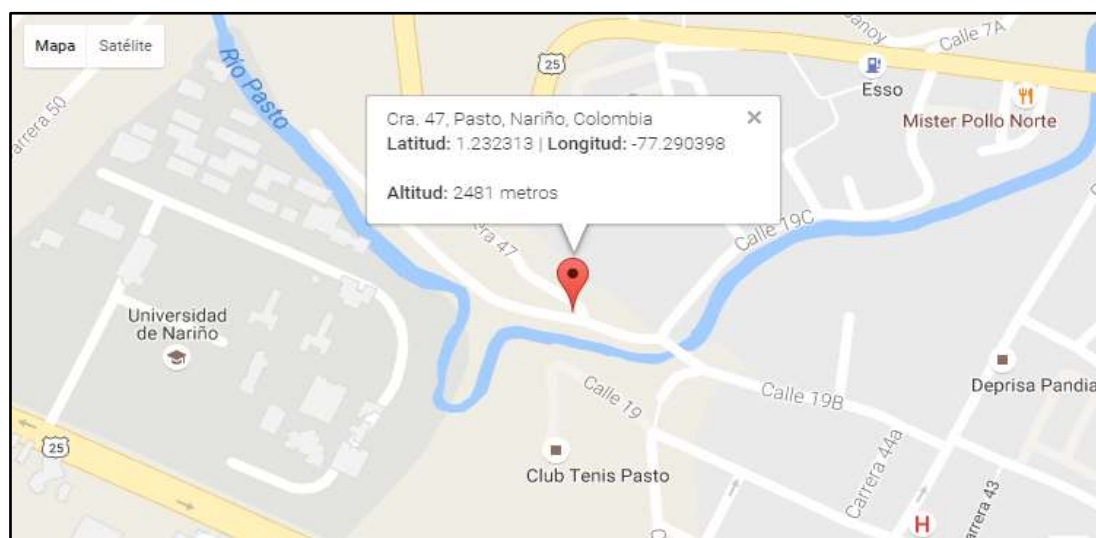
Figura 2. Fotografía Curtiembre



Fuente: <https://www.google.es/maps>

La ubicación de la Curtiembre en donde se tomó la muestra, permite que todo el líquido que resulta del Curtido de las pieles, desemboque directamente sobre el afluente del Rio Pasto, tal y como se muestra en la figura 3 y 4.

Figura 3. Toma satelital de la Curtiembre



Fuente: <https://www.google.es/maps>

Figura 4. Foto Curtiembre y Afluente Rio Pasto



Fuente: <https://www.google.es/maps>

Entre los objetivos de la presente Investigación, fue determinar inicialmente la concentración de Cromo (VI) vertido sobre este afluente en este punto específico, tomado como punto aleatorio dentro de este sector, el cual basa su economía en la producción y curtido de pieles.

1.5. MARCO DE ANTECEDENTES

Los primeros trabajos en el campo de la bioadsorción se atribuyen a Adams & Holmes (1935) quienes analizaron la eliminación de iones Ca^{2+} y Mg^{2+} por resinas de tanino como bioadsorbentes. Sin embargo, sólo desde hace dos décadas y por razones fundamentalmente de tipo económico y ambiental, las investigaciones desarrolladas se han centrado principalmente en el empleo de esta técnica para la eliminación de especies metálicas presentes en efluentes líquidos, utilizando materiales bioadsorbentes de bajo costo (Pinzón & Vera, 2009). A continuación se mencionan algunas investigaciones realizadas para evaluar la remoción de cromo hexavalente.

Sarin & Pant (2006) utilizaron biomateriales de bajo costo como bagazo de caña, cáscara de arroz carbonizado, carbón activado y corteza de eucalipto para la remoción de cromo hexavalente en aguas residuales a escala de laboratorio. En este trabajo se investigó la influencia de parámetros fisicoquímicos como el pH, concentración de cromo hexavalente, cantidad de catalizador y tiempo de contacto; encontrándose que la capacidad de adsorción de Cr(VI) es de 45 mg/g de adsorbente en una muestra que contiene 250 mg de Cr(VI) por litro. Como resultado importante se destaca la evaluación de la corteza de eucalipto en una muestra de agua industrial que contenía Cr^{+6} , Cr^{+3} , Mg^{+2} y Ca^{+2} mostrando una eliminación satisfactoria de estos metales.

Ahalya, Kanamadi & Ramachandra (2007) investigaron la cáscara de guandul (*Cajanus cajan*) como un nuevo bioadsorbente para la remoción de Cr (VI) y Fe (III) en soluciones acuosas. La capacidad de adsorción (q_{max}) calculada a partir de la isoterma de Langmuir, fue de 96,05 mg de Cr (VI)/g de adsorbente a un pH inicial de 2,0 y 66,65 mg/g a pH 2,5. Los espectros infrarrojo de la biomasa revelaron que los grupos funcionales hidroxilo, carboxilo y amida están implicados en la absorción de Cr (VI) y los iones de Fe (III). Como conclusión importante se determinó que la cáscara de *Cajanus cajan* es un material excelente para el tratamiento de aguas residuales con baja concentración de iones metálicos.

Campos (2008) propone a la adsorción química, como una opción viable en el tratamiento de aguas residuales que contienen iones metálicos disueltos, específicamente aborda el estudio del cromo hexavalente en contacto con el biomaterial de ectodermis de *Opuntia sp.* Cabe resaltar que en esta investigación se calcularon las isotermas de adsorción en los modelos de Langmuir y Freundlich. Los resultados mostraron que el biomaterial sin un tratamiento químico de acidificación muestra una adsorción máxima del 50% del ion metálico.

Sánchez (2008) evaluó la capacidad de bioadsorción de seis materiales biológicos, que fueron previamente seleccionados con base a su capacidad de remoción de cromo hexavalente. Se encontró que el material que exhibió las mejores características de

bioadsorción de este metal (alta capacidad y velocidad de remoción) fue la semilla de litchi (*Litchi chinensis*). La capacidad máxima de bioadsorción de cromo en la semilla de litchi predicha por el modelo de Langmuir (174 mg/g) fue semejante a la obtenida experimentalmente (170 mg/g). Los estudios de elución de cromo sugieren que el cromo retenido en la semilla se encuentra en forma hexavalente y trivalente. El ácido oxálico fue el eluyente que exhibió las mejores características de desorción ya que fue posible la recuperación del 60% del material bioadsorbido.

Vinodhini & Nilanjana (2009) investigaron la adsorción de cromo hexavalente sobre aserrín de madera en polvo, semilla de mango en polvo, cáscara de trigo, bagazo de caña y cáscara de naranja. La influencia del pH, cantidad de adsorbente y tiempo de contacto fueron evaluadas en la reacción, encontrándose que el mejor adsorbente fue el aserrín en polvo con una capacidad de adsorción de 58,82 mg/g a pH 2.

Higuera, Flórez & Arroyave (2009) propusieron como alternativa el empleo de biomasa de hojas de café para la remoción de metales pesados como el cromo de las aguas residuales de la industria del cuero y de electro recubrimientos de piezas metálicas (galvanoplastia). Se determinó que a condiciones de pH de la disolución de 4, grado de agitación 0 rpm, tamaño de partícula de la biomasa de 0,149 mm de diámetro y relación masa de biomasa/volumen de disolución de 0,85 g/ml, se obtuvieron eficiencias en la remoción de cromo, con la hoja de café (*Coffea arabica*) variedad Castillo, del 82% para disoluciones preparadas de 1.000 mg/L.

Sutrasno, Ali, Utami & Manik (2009) estudiaron las hojas y frutos de guayaba (*Psidium guajava*) como bioadsorbentes en la remoción de cromo hexavalente en solución acuosa a escala de laboratorio controlando parámetros como tiempo de contacto, pH, temperatura y cantidad del bioadsorbente. Como resultado principal se resalta un porcentaje de remoción de Cr(VI) del 99% a los 90 minutos de contacto con las hojas de guayaba y del 99% a los 240 minutos de adsorción con los frutos de este biomaterial. Los resultados experimentales también mostraron que la capacidad de adsorción de los bioadsorbentes disminuyó con el aumento de la temperatura.

Vinodhini, Anabarasu & Nilanjana (2010) proponen utilizar columnas de adsorción con residuos biológicos de paja de arroz, fibra de palma de coco, hoja de maíz y corona de la piña para la remoción de Cr(VI) en aguas residuales de galvanoplastia controlando las variables pH, tiempo de contacto y concentración del contaminante. La adsorción de Cr (VI) aumentó notablemente con la disminución del pH; a pH 2 se logró un 73,6% de remoción de cromo hexavalente con la hoja de maíz, 45,7 % con la fibra de palma de coco, 31,7% con la corona de la piña y del 26,8% con la paja de arroz constituyéndose como una buena opción para la purificación de aguas. Los resultados indicaron también que el porcentaje de eliminación de Cr (VI) se incrementó con el aumento en la cantidad de adsorbente lográndose un 79,9 % de eliminación con una cantidad de 5g de adsorbente de hoja de maíz por litro de contaminante.

Netzahuatl, Pineda, Barragan & Cristiani (2010) analizaron el potencial de la cáscara del aguacate variedad *Hass* para remover cromo hexavalente Cr (VI) y cromo total de soluciones acuosas. Se establece que este biomaterial disminuyó rápidamente las concentraciones de Cr (VI) y cromo total en las primeras 24 h de contacto. En este estudio, las capacidades de remoción de Cr (VI) y cromo total más altas se alcanzaron a las 120 h de contacto, con valores de 101,81 y 63,88 mg/L, respectivamente. Con base en los resultados los autores concluyeron que la cáscara del aguacate variedad *Hass* podría ser potencialmente útil para remover Cr (VI) y cromo total de soluciones acuosas.

Netzahuatl, Cristiani & Cristiani (2010) estudiaron la cinética de remoción de cromo hexavalente y de cromo total por la corteza del árbol de pirul (*Schinus molle*) encontrando que en las primeras 24 horas de contacto, las concentraciones de Cr (VI) y de cromo total disminuyeron desde 102 mg/L hasta 26 y 41,83 mg/L, respectivamente. Como resultado se destaca la presencia de Cr (III) en la solución acuosa, indicando que la corteza del árbol de pirul fue capaz de transformar parte del Cr (VI) a Cr (III) por dos mecanismos diferentes: bioadsorción de cromo y reducción.

Singha, Kumar, Bhattacharya & Das (2011) evaluaron la capacidad de adsorbentes naturales (paja de arroz, salvado de arroz, cáscara de arroz, raíces de jacinto, aserrín de madera, corteza de neem, hojas de neem y cáscara de coco) en la eliminación de cromo hexavalente en disoluciones acuosas. Se analizaron parámetros fisicoquímicos como pH, concentración inicial de iones de metal, nivel de dosis del adsorbente y tiempo de contacto de la muestra de cromo.

Eggs, Salvarezza, Azariol, Fernández & García (2012) analizaron los factores cinéticos que afectan la adsorción de cromo (VI) en solución empleando como bioadsorbente la cáscara de arroz modificada químicamente, con hidróxido de potasio 1% o con ácido fosfórico 1M, encontrándose que el tratamiento químico del biomaterial aumenta la capacidad de adsorción del contaminante a pH inferiores a 2 que alcanza los 3 mg Cr(VI)/g, aproximadamente.

Torres, Cárdenas, Moctezuma, Martínez & Acosta (2012) describen los resultados obtenidos de la implementación del método de bioadsorción para la remoción de cromo hexavalente en solución acuosa, utilizando como material residual la cáscara de plátano. Se encontró que la mayor eliminación del metal (50 mg/L) ocurre a los 60 minutos a pH 1,0 y 28°C con producción simultánea de Cr (III), por lo que los autores concluyen que este bioadsorbente puede utilizarse para remover Cr (VI) de aguas industriales.

Acosta *et al.* (2012) evaluaron la capacidad de remoción de Cr (VI) en solución acuosa mediante residuos de cáscara de mamey, encontrando que la remoción total del metal (100 mg/L) ocurre a los 50 minutos, a pH 1,0 y 28°C. Se destaca que en las concentraciones de Cr (VI) analizadas, la cáscara de mamey mostró gran capacidad de remoción; además elimina eficientemente el metal *in situ*, (95 % de remoción, 7 días de incubación, 5 g de biomasa) y después de 1h de incubación, la biomasa estudiada disminuye 1,0 g de Cr (VI) con la producción simultánea de Cr (III).

Osasona, Adebayo & Ajayi (2013) describen los resultados del proceso de adsorción de cromo hexavalente utilizando como bioadsorbente polvo de casco de vaca, controlando variables como pH, tiempo de agitación y masa de adsorbente por 50 mL de solución contaminante. Como resultados importantes se referencian 89,5 % de eliminación de Cr (VI) con 1 gramo de adsorbente a pH 2 y con un tiempo de agitación de 30 minutos.

Mandina, Chigondo, Shumba, Nyamunda & Sebeta (2013) analizaron la remoción de cromo hexavalente en aguas residuales por adsorción en cáscara de naranja modificada químicamente con hidróxido de sodio. La caracterización por infrarrojo de la biomasa de cáscara de naranja sugirió la posible contribución de los grupos carboxilo e hidroxilo a la bioadsorción del metal. Esta investigación evidencia que la cáscara de naranja, material agrícola de bajo costo puede ser utilizado como un bioadsorbente eficaz para la eliminación de Cr(VI) en soluciones acuosas y la modificación química con hidróxido de sodio mejora de la capacidad de adsorción (139,0 mg/g) en comparación a la cáscara de naranja sin modificar (97,07 mg/g).

Pandharipande & Kalnake (2013) en su investigación referencian el método de adsorción como una alternativa viable y económica para la remoción de iones metálicos como el Cr (VI) y Ni (II) utilizando como adsorbente la cáscara del fruto de tamarindo. La eliminación de Ni (II) y Cr (VI) en soluciones acuosas aumentó con el incremento de la cantidad de adsorbente con variaciones entre 50 y 85,36% y 22 y 90,35%, respectivamente.

Mutongo, Kuipa & Kuipa (2014) estudiaron residuos industriales de cáscara de papa en la remoción de cromo hexavalente, encontrando que una dosificación de adsorbente de 4 g/L fue eficaz en la eliminación completa del ion metálico a pH 2,5 en 48 minutos con un porcentaje de eliminación del 74,84% y de 87,79% a partir de concentraciones de 100 mg/L y 60 mg/L de Cr (VI) respectivamente.

Diversos autores como Abdolai *et al.* (2014), Miretzky & Fernández (2010), Sud, Mahajan & Kaur (2008) plantean que los subproductos de la agricultura, particularmente los que contienen celulosa y lignina, son potenciales adsorbentes de bajo costo y adecuados para la remoción de cromo en aguas residuales.

Poojari, Maind & Bhalerao (2015) evaluaron cáscara de naranja en la remoción de cromo hexavalente controlando parámetros como pH de la solución, dosis de bioadsorbente, concentración inicial de Cr (VI), tiempo de contacto y temperatura. Encontraron que a pH 2,0 se consigue una eliminación del 71,01% del metal y con una dosis de adsorbente 5mg/ml una eliminación del 73,91% a los 150 minutos de contacto a partir de una solución de 250 mg/L de Cr (VI) y a 25°C.

Es importante mencionar que es difícil comparar las propiedades adsorptivas de diversos adsorbentes, debido a considerables diferencias en la presentación de los datos y en las condiciones experimentales, materiales y metodologías, tales como concentración inicial del metal, pH, temperatura, cantidad de adsorbente y tamaño de partícula (Abdolai, *et al.*, 2014) (Gautam, Mudhoo, Lofrano & Chattopadhyaya, 2014) (Wang & Chen, 2009).

1.6. MARCO LEGAL

Políticas ambientales para la gestión de residuos químicos y vertimientos.

A nivel mundial y por iniciativas surgidas desde la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente, con las Cumbres de la Tierra en Estocolmo 1972, Rio de Janeiro 1992, Johannesburgo 2002 y Nueva York 2005, se han venido estableciendo marcos de acción para que los países generen políticas encaminadas a una gestión racional de los productos químicos tóxicos peligrosos y la prevención de su tráfico internacional. Estas Cumbres dieron origen al Enfoque Estratégico para la Gestión Internacional de Sustancias Químicas, el cual se formalizó en la Conferencia Internacional sobre la Gestión de Productos Químicos en el 2006 (López, Suarez, Hoyos & Montes, 2012).

En Colombia, el manejo y protección de los recursos naturales y el medio ambiente, se ha caracterizado por la evolución de la legislación ambiental, la cual ha sido parcialmente influenciada por la política internacional. Los elementos de la política ambiental que orienta el marco de acción en el país se encuentran consagrados en la Constitución de 1991, la cual estableció la función ecológica de la propiedad, señaló los deberes ambientales del Estado, los derechos ambientales de los ciudadanos, ordenó la formulación de políticas ambientales como parte del Plan Nacional de Desarrollo e introdujo la noción de desarrollo sostenible como meta para la sociedad (Sánchez, 2002). Las políticas ambientales establecidas desde el Plan nacional de Desarrollo, se renuevan cada cuatro años, plantean objetivos como promover una producción limpia, desarrollar una gestión ambiental sostenible y orientar comportamientos poblacionales (Red de Desarrollo sostenible, 2013).

No obstante, Colombia cuenta con referentes históricos desde 1974, en relación con la normatividad ambiental y control de vertimientos expidiendo el Código Nacional de los recursos Naturales Renovables y de Protección del Medio Ambiente en 1974, la ley 9 de 1979 o Código Sanitario Nacional, la ley 99 de 1993 que establece normas generales sobre protección del medio ambiente, así como el Decreto 1594 de 1984 que contempla en el Capítulo VI, Del vertimiento de los residuos líquidos, Artículo 84, que los residuos líquidos de laboratorios deben ser sometidos a tratamiento especial (Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección del Medio Ambiente, 2002).

En el año 2010, el entonces Ministerio de Ambiente y Desarrollo territorial expidió el Decreto 3930, que reglamenta parcialmente la Ley 9 de 1979 y el Decreto de Ley 2811 de 1974 en cuanto a usos del agua y residuos líquidos y promueve mecanismos para la reconversión a tecnologías limpias en gestión de vertimiento. En relación con la gestión de sustancias químicas, el Perfil Nacional de Sustancias Químicas es un instrumento de enfoque estratégico para este fin, integrándolas al medio ambiente y la salud humana (López, et al..2012).

El objetivo establecido en el Plan de Aplicación de las Decisiones de la Cumbre Mundial sobre el desarrollo sostenible, el cual plantea que para 2020 los productos químicos se utilicen y produzcan reduciendo al mínimo los efectos adversos de importancia en la salud humana y el medio ambiente.

En marzo de este año, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible presentó el decreto 631 que busca reducir y controlar las sustancias contaminantes que llegan a los cuerpos de agua naturales o artificiales de agua dulce y al sistema de alcantarillado público, para mejorar la calidad del agua y trabajar en la recuperación ambiental de las arterias fluviales del país (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2015).

En el Decreto 4741 del 30 de diciembre de 2005 (Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2005) *por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y el manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral*, se define un Residuo o Desecho Peligroso como aquel que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, infecciosas o radioactivas pueda causar riesgo o daño para la salud humana y el ambiente.

Desde el año 2007 se está organizando la información sobre residuos peligrosos en Colombia. En relación con la generación y gestión de estos residuos, en el año 2010 se reportaron en el país 104,7 toneladas de desechos con compuestos de cromo hexavalente, de los cuales 61,5 se llevaron a disposición final, esto refleja que no se han implementado suficientes alternativas de manejo y disposición final de estos residuos (López, et al.2012).En la tabla 1. Se muestran las características, fuentes e impactos sobre la salud y el medio ambiente del Cr (VI).

1.7. MARCO TEORICO

1.7.1. CURTIEMBRES

El proceso de curtido y la generación de residuos se llevan a cabo en tres etapas: Etapa de ribera la cual comprende aquellos procesos que permiten la eliminación del pelo o lana de la piel. Es la etapa que presenta el mayor consumo de agua y su efluente presenta un elevado pH. Devuelve el estado húmedo inicial a aquellas pieles que se conservaron antes de ser llevadas a la curtiembre; también permite la limpieza y desinfección de éstas antes de comenzar el proceso de pelambre. Este proceso emplea sulfuro de sodio y cal para eliminar la epidermis de la piel además del pelo que la recubre. Antes de comenzar con la etapa de curtido se procede al descarne, donde se separan las grasas y carnazas todavía unidas a la parte interna de la piel. Luego viene la etapa de curtido comprende las operaciones y procesos que preparan la piel para ser curtida y transformada en cuero; genera un efluente con pH bajo al final de la etapa. Los procesos de desencalado, desengrase y purga eliminan la cal, el sulfuro y las grasas contenidas en la piel y limpian los poros de la misma.

El consumo de agua no es tan alto como en la etapa de ribera y su efluente tiene pH neutro. Los dos últimos procesos de esta etapa consumen el menor volumen de agua; el piquelado en un medio salino y ácido prepara la piel para el curtido con agentes vegetales o minerales. Al final de esta etapa se tiene el conocido "wet blue", que es clasificado según su grosor y calidad para su proceso de acabado. Y finalmente la etapa de acabado que comprende las operaciones y procesos que dan al cuero las características finales que requiere para la confección de diferentes artículos. En esta etapa se procede al recurtido, teñido, suavizado y pintado final del producto. La generación de residuos líquidos y sólidos que se distinguen por su elevada carga orgánica y presencia de agentes químicos que pueden tener efectos tóxicos, como es el caso del sulfuro y el cromo.

Las variaciones en cuanto al volumen de los residuos y a la concentración de la carga contaminante se presentan de acuerdo a la materia prima procesada y a la tecnología empleada. Los residuos son generados por:

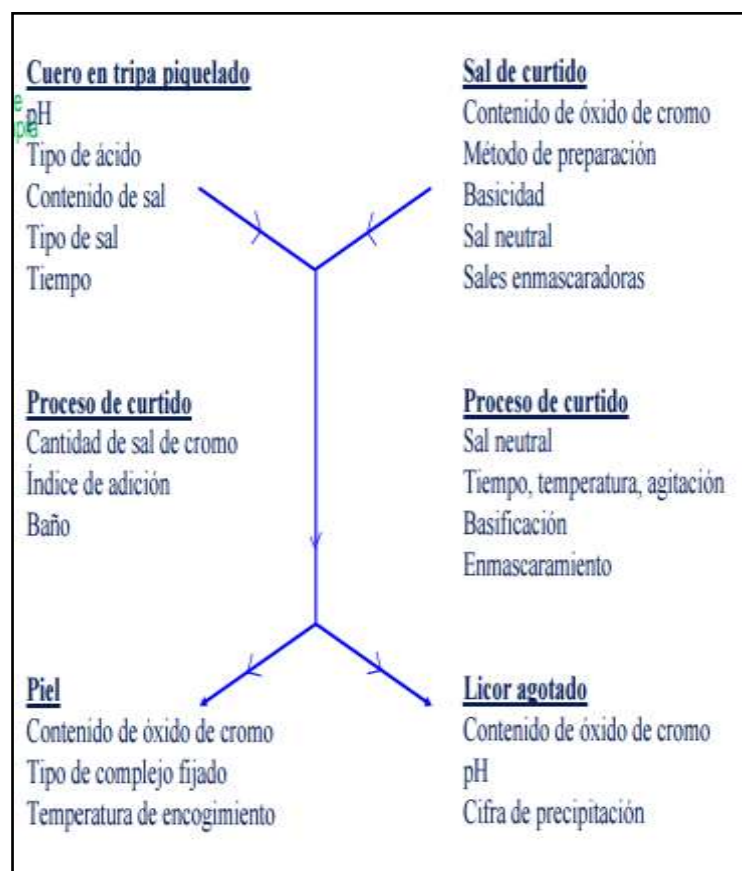
- **Recorte en recepción.** Cuando la piel animal llega a la curtiembre, se procede al recorte de partes correspondientes al cuello, la cola y las extremidades. En el caso de pieles de ovino también se recorta la lana. Los restos de piel que se desechan contienen carnazas, grasas, sangre y excrementos que aportan carga orgánica a los residuos de curtiembres.
- **Remojo.** Durante esta operación se emplean grandes volúmenes de agua que arrastran consigo tierra, cloruros y materia orgánica, así como sangre y estiércol. Entre los compuestos químicos que se emplean están el hidróxido de sodio, el hipoclorito de sodio, los agentes tenso activos y las preparaciones enzimáticas.
- **Pelambre.** Este proceso emplea un gran volumen de agua y la descarga de sus efluentes representa el mayor aporte de carga orgánica. Además de la presencia de sulfuro y cal, el efluente tiene un elevado pH (11 a 12).
- **Descarne.** Es una operación mecánica que elimina las carnazas y grasas unidas a la piel en estado de tripa; estos residuos presentan gran porcentaje de humedad.
- **Desencalado.** Proceso donde se remueve la cal y el sulfuro de la piel para evitar posibles interferencias en las etapas posteriores del curtido y en el que se emplean volúmenes considerables de agua. Entre los compuestos químicos que se emplean están los ácidos (sulfúrico, clorhídrico, láctico, fórmico, bórico y mezclas), las sales de amonio, el bisulfito de sodio y el peróxido de hidrógeno.
- **Desengrase.** Proceso que produce una descarga líquida que contiene materias orgánicas, solventes y agentes tenso activos. Entre los solventes utilizados están el kerosene, el monoclórobenceno y el percloroetileno, este último para pieles de oveja después de curtidas.

- **Purga.** Proceso enzimático que emplea enzimas proteolíticas, como el caso de la tripsina para la limpieza de los poros de la piel. También se emplea cloruro de amonio. Sus efluentes contienen estos productos y tienen un pH neutro.
- **Piquelado.** Proceso en el cual se prepara la piel para la penetración subsecuente del material curtiente. Emplea cloruro de sodio que protege la piel de la acción posterior de los ácidos que bajan el pH a niveles de 2,5 a 3. Los ácidos más utilizados son el sulfúrico y el fórmico. Presenta una descarga líquida ácida y de alta salinidad.
- **Curtido.** El cromo es empleado en el proceso de curtido de pieles, por el cual se estabiliza el colágeno de la piel mediante agentes curtientes minerales o vegetales, siendo las sales de Cr^{+6} las más utilizadas para el curtido de cueros. Se emplea un gran número de procesos de curtido; algunos efluentes pueden alcanzar niveles tóxicos pero todos son potencialmente contaminantes y de bajo pH.
- Los curtidos minerales emplean diferentes tipos de sales de cromo trivalente (Cr^{+3}) en varias proporciones. Los curtidos vegetales para la producción de suelas emplean extractos comerciales de taninos. Otros agentes curtientes son los sintanos.
- **Ecurrido.** Operación mecánica que quita gran parte de la humedad del "wet blue". El volumen de este efluente no es importante pero tiene un potencial contaminante debido al contenido de cromo y bajo pH.
- **Rebajado.** Operación mecánica que torna uniforme el grosor del cuero y produce un aserrín que contiene Cr^{+3} en aquellos cueros que han tenido un curtido mineral. Representa la mayor generación de residuos sólidos con alto contenido de humedad.

- **Recurtido y teñido.** Proceso que utiliza sales minerales diferentes al cromo y curtientes sintéticos como los sintanos. Para el teñido se emplean tintes con base de anilina. Estos baños presentan temperatura elevada y color.
- **Recorte de acabado.** Esta operación permite darle un aspecto uniforme al cuero. Genera restos de cuero terminado, los que aportan retazos de cuero con contenido de Cr+3 cuando el curtido ha sido al cromo (Informe Técnico sobre Minimización de Residuos en una Curtiembre.1997).

El curtido a cromo emplea sales de cromo para producir una piel azulada o verdosa, que más tarde es resistente al calor y se usa para pieles de vestido, calzado e industriales (Ver figura 5 y 6). (Centro Nacional de producción más limpia. *Curtido a cromo*. Revisado 26/01/2016).

Figura 5. Proceso de curtido a cromo



Tomado de: <http://www.sirac.info/curtiembres/html/Archivos/Publicaciones/7.pdf>

Figura. 6. Explicación de curtido a cromo

Meter cromo al cuero	control de pH, penetración de cromo
Hacer que el cromo reaccione con las fibras de colágeno	química de la proteína, reactividad del cromo, condiciones de pH
Etapas del proceso	penetración del cromo, basificación, fijación
Factores químicos que afectan el proceso	basicidad, tipo de enmascaramiento de cromo, agente basificador, tamaño de la molécula de cromo.

Tomado de: <http://www.sirac.info/curtiembres/html/Archivos/Publicaciones/7.pdf>

1.7.2. CROMO HEXAVALENTE

La presencia de metales pesados en cuerpos acuáticos constituye un problema grave de contaminación, debido a la toxicidad intrínseca, a su bioacumulación, y a su persistencia en la naturaleza (Elangovan, et.al., 2008). La mayor fuente de estos metales es la descarga inadecuada de aguas de desecho industrial, estos efluentes se deben tratar con el fin de minimizar su concentración, considerando el gran impacto ambiental que generan (Gil, Cabrera & Jaramillo, 2003) como se observa en la tabla1.

Tabla 1. Generalidades de los residuos de Cr (VI).

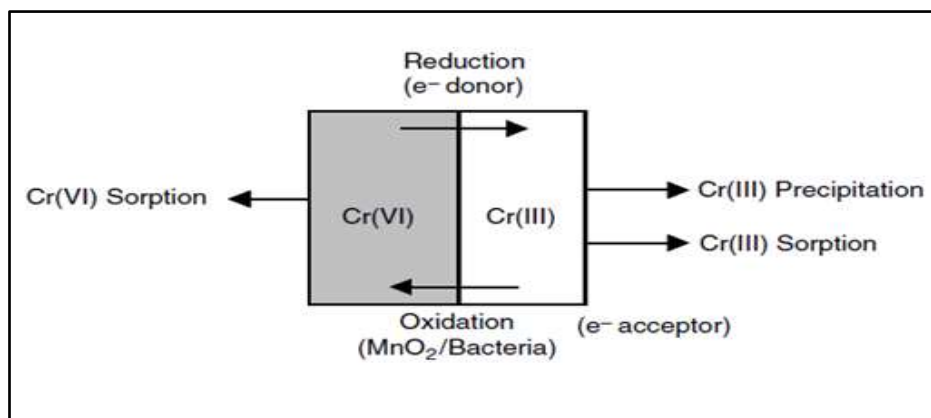
Residuos de Cr(VI)	
Características	Segundo estado de oxidación más estable del cromo (IARC, 2012); se encuentra generalmente bajo la forma de aniones cromato o dicromato solubles, los cuales son muy tóxicos debido a su alto poder oxidante (Gil, <i>et al.</i> , 2003).
Fuentes	Contaminante ampliamente difundido en el ambiente proveniente de industrias metalúrgicas, de cromado y químicas principalmente (Gil, <i>et al.</i> , 2003).
Efectos en la salud	Puede ocasionar cáncer de pulmón y nasal, daños en la membrana de la mucosa nasal, perforación del tabique nasal y asma, dermatitis, reacciones de hipersensibilidad, eczema, y daños en el hígado o riñón. Además es mutagénico y tóxico para el desarrollo (Occupational Safety and Health Administration Osha, 2009 & Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2012).
Efectos sobre medio ambiente	Persistencia ambiental y habilidad para inducir una variedad de efectos adversos en los sistemas biológicos; asociado con la presencia de anomalías en varios peces a niveles fisiológico, histológico, bioquímico, enzimático y genético (Velma, Vutukuru & Tchounwou, 2009).

1.7.3. ALTERNATIVAS EN LA REMOCION DE CROMO HEXAVALENTE

Los tratamientos para la remoción del cromo involucran transformaciones químicas (oxidación- reducción, adsorción y precipitación) y biológicas (reacciones de oxidación-reducción enzimáticas llevadas a cabo por microorganismos y fitorremediación) o procesos de remediación físicos. Estos últimos separan el Cr (VI) del medio contaminado usando resinas de intercambio iónico o carbón activado granular, y/o aislando la contaminación usando barreras físicas (Hawley, Deeb, Kavanaugh & Jacobs, 2004).

El Cr (VI) es más móvil que el Cr (III) y más difícil de remover de soluciones acuosas. Las reacciones que ocurren en la oxidación y reducción del cromo se presentan en la figura 7, las que en asocio con procesos de sorción y precipitación son la base para los tratamientos químicos y biológicos utilizados para influir en el balance entre el Cr(III) y el Cr(VI) como estrategias de remediación del cromo (Hawley, *et al.*, 2004).

Figura 7. Reacciones del Cr (VI) y Cr (III)



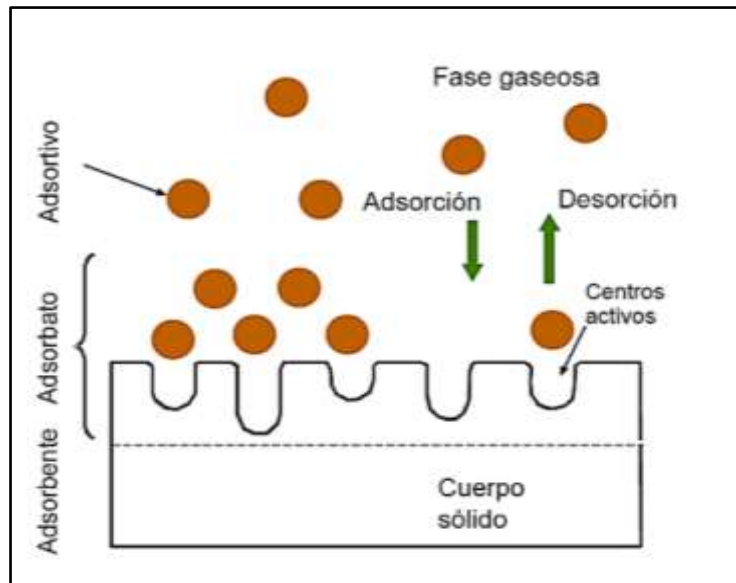
Fuente: Hawley, *et al.*, (2004).

1.7.4. PROCESO DE ADSORCION

El proceso de adsorción consiste en la fijación de moléculas en la superficie de un sólido debido a la presencia de fuerzas de atracción intermoleculares en sitios específicos del sólido llamados centros activos (Gómez et al., 2010). El sólido se denomina adsorbente y la sustancia que será adsorbida se denomina adsorbato (Figura8).

Según Gómez et al. (2010), existen dos teorías principales que describen el proceso de adsorción: la teoría del cubrimiento de superficie y la teoría de llenado de poros. En la adsorción por cubrimiento de superficie se supone que inicialmente las moléculas se adsorben en la superficie del sólido formando una monocapa, cuando esta última está totalmente formada, comienza la adsorción multicapa (adsorción de más capas de moléculas sobre la monocapa). A medida que el número de capas aumenta las fuerzas de adhesión disminuyen hasta que en capas posteriores solamente ocurre condensación. La teoría de llenado de poros aplica para sólidos microporosos y establece que el llenado de los poros se realiza de manera similar a llenado de un líquido en un recipiente.

Figura 8. Esquema del proceso de adsorción y desorción de solidos porosos.



Fuente: Gómez et al., 2010

1.7.5. BIOADSORCION

En primer lugar, es importante considerar la adsorción, definida por Kurniawan & Babel (2003) como un proceso de separación mediante el cual ciertos componentes de una fase fluida, líquida o gaseosa, son transferidos hacia un sustrato sólido, quedando física o químicamente enlazados a la superficie del adsorbente. La sustancia adsorbida es el adsorbato y el material que adsorbe, el adsorbente, las propiedades de ambos son bastante específicas y dependen de sus constituyentes (Khattri & Singh, 2009).

Si la interacción entre la superficie del sólido y las moléculas adsorbidas es de naturaleza física, el proceso se llama fisisorción; en este caso las atracciones de interacción son fuerzas de Van Der Waals relativamente débiles, por lo que el proceso es reversible (Grassi, Kaykioglu, Belgiorno & Lofrano, 2012); también se ha demostrado que las fuerzas de atracción electrostática son responsables de la adsorción de algunos metales como el cobre (Sharma, 2012). Estos adsorbentes se caracterizan principalmente por

propiedades de superficie como su área superficial y polaridad; el ion se adsorbe en función de la carga relativa adsorbato – adsorbente (Martín Lara, 2008).

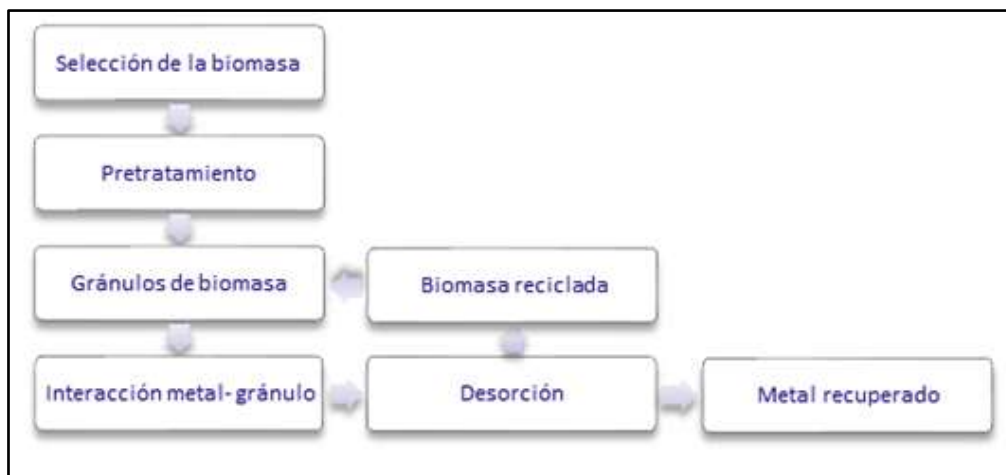
De otra parte, si las fuerzas de atracción entre las moléculas adsorbidas y la superficie del sólido se deben a una unión química, el proceso se denomina quimisorción. Contrario a la fisisorción, la quimisorción se presenta como una monocapa y las sustancias quimiosorbidas sobre la superficie del sólido se remueven difícilmente debido a las fuertes fuerzas involucradas (Grassi, et al., 2012). Este proceso depende de la temperatura, la naturaleza química del adsorbente y la concentración de la especie a adsorber (Martín Lara, 2008). Bajo condiciones favorables, ambos procesos pueden ocurrir simultánea o alternadamente. La adsorción física se acompaña por una disminución en la energía libre y en la entropía del sistema de adsorción y por lo tanto, el proceso es exotérmico (Grassi, et al., 2012).

En estos momentos, en los que hay un aumento en la conciencia ecológica y se han impuesto más restricciones legales a la descarga de efluentes, es necesario desarrollar tecnologías costo efectivas para solucionar la contaminación por metales pesados (Shafique, Anwar & Anzano, 2011) ver figura 9. En este sentido, la bioadsorción se constituye en un proceso alternativo para remover iones de metales pesados de aguas residuales al capturarlos de las soluciones acuosas utilizando materiales biológicos (Hucun, Kemal, Kaya & Cakici, 2002). Este proceso ocurre a través de una combinación de mecanismos fisicoquímicos como intercambio iónico, complejación, quelación por coordinación, adsorción física y microprecipitación (Marandi, 2011).

Por la afinidad del adsorbente (fase sólida) hacia las especies del sorbato (fase líquida), este último es atraído hacia el sólido y enlazado, hasta que se establece un equilibrio entre el sorbato disuelto y el sorbato enlazado al adsorbente (Martín-Lara, 2008). En los últimos años se han evaluado diferentes tipos de biomasa como potenciales bioadsorbentes para metales pesados, como se referencia en los antecedentes investigativos, entre los bioadsorbentes utilizados se encuentran residuos y subproductos

lignocelulósicos, cortezas, bagazos y materiales ricos en taninos (Abdolai, et al., 2014) (Fu & Wang, 2011) (Hubbe, Hassan & Ducoste, 2011).

Figura 9. Proceso de bioadsorción



Fuente: Shafique, *et al.*, (2011).

Según Farooq, Kosinsky, Khan & Athar (2010) la remoción de metales por biomasa muerta (bioadsorción) tiene ciertas ventajas sobre la realizada por materiales vivos (bioacumulación), destacándose que no es necesario realizar un cultivo ni utilizar un medio para este fin, el proceso es independiente de las restricciones fisiológicas de las células vivas, es rápido debido a que las células no vivas se comportan como resinas de intercambio iónico, es reversible y el metal se puede desorber fácilmente, se minimiza el lodo químico o biológico y los biomateriales están disponibles como residuos o subproductos.

La remoción de cromo de las aguas por bioadsorbentes consta de dos pasos principales: las especies de Cr (VI) se remueven por adsorción sobre la superficie del adsorbente y la forma hexavalente se reduce a la trivalente y se adsorbe en la superficie externa. Los principales factores que influyen en la adsorción de este metal son: pH, grado de agitación, cantidad de adsorbente, concentración inicial de cromo, temperatura, tamaño de partícula y naturaleza del adsorbente (Shafique, et al., 2011).

Los biomateriales pueden someterse a un pretratamiento ácido o básico antes del secado y la granulación. Después de preparadas, las partículas de bioadsorbente se pueden empacar en columnas, las cuales son dispositivos efectivos para la remoción de metales pesados. Cuando la capacidad de adsorción del metal por el bioadsorbente se ha agotado, se puede regenerar con soluciones adecuadas de ácidos o álcalis (Shafique, et al., 2011).

Factores que afectan la adsorción

Martín-Lara (2008) menciona que entre los factores que afectan el proceso de adsorción y que generalmente se consideran como los más importantes en la eliminación de metales pesados se encuentran:

Tiempo de equilibrio: Se considera como el tiempo a partir del cual se satura el bioadsorbente sin aumentar la cantidad de metal eliminado. Es necesario evaluar el efecto del tiempo de contacto antes del estudio de la cinética de bioadsorción de metales pesados, debido a que contribuye a determinar, en la mayoría de los casos, la naturaleza del proceso. En un gran número de investigaciones se establece que este es un proceso rápido, con tiempos de operación entre quince y treinta minutos para remoción de un porcentaje considerable del metal.

Temperatura: Este es uno de los factores que más influye en los procesos de adsorción, con diferentes comportamientos dependiendo del metal y del bioadsorbente utilizados. En términos generales, el efecto de ésta variable sobre la bioadsorción depende de la termodinámica del proceso, asociada al calor de adsorción o cambio de entalpía. Cuando el calor de adsorción es negativo, la reacción es exotérmica y se favorece a bajas temperaturas. En estudios prácticos de bioadsorción, es frecuente utilizar un rango estrecho de temperatura, para que su influencia sea pequeña comparada con otros factores que intervienen en el proceso.

pH: Es el factor más importante tanto en la bioadsorción de cationes como de aniones, con un efecto diferente en cada caso. La bioadsorción de cationes se favorece a valores de pH superiores a 4,5 y la adsorción de aniones se favorece a pH bajos, entre 1,5 y 4. En estudios de bioadsorción de cromo hexavalente con musgo de turba (Sharma y Forster citados por Martín-Lara, 2008) y mazorca de maíz (Bosinco y col., citados por Martín-Lara, 2008), se encontró que mientras una parte del Cr (VI) se adsorbía en la biomasa, otra parte se reducía a Cr (III) hasta alcanzar un equilibrio, además, el valor óptimo del pH para la remoción máxima de Cr (VI) y Cr (III) estaba comprendido entre 1,5 y 2,5. Se considera que el pH puede incidir de tres formas en la bioadsorción del metal: afectando el estado químico del sitio activo; dañando la estructura del biomaterial a valores extremos de pH, como los empleados en la regeneración del adsorbente y modificando la especiación del metal en solución.

Fuerza iónica: El medio en el que se encuentra la disolución del metal, es un factor importante a considerar porque la presencia de otras especies orgánicas e inorgánicas en disolución puede interferir en la separación del metal. El incremento en la fuerza iónica hace descender la adsorción del metal debido al incremento de la carga electrostática. Un cambio en la fuerza iónica (la concentración del electrolito en solución) influye en la adsorción afectando la actividad de los iones del electrolito y su competencia con los aniones adsorbentes por los sitios disponibles para la adsorción.

Presencia de otros iones de metales pesados: Hasta el momento, no se sabe con certeza porque unos metales pesados tienen mayor afinidad por el material bioadsorbente que otros. Se considera que algunas propiedades químicas de los iones como el radio iónico, la carga eléctrica y el potencial iónico, son factores que influyen en la selectividad del material por uno u otros iones metálicos. Sin embargo, la superficie irregular y heterogénea de la mayoría de los bioadsorbentes, dificulta la comprensión y modelación de los mecanismos.

Pre tratamiento del bioadsorbente: En muchos casos, se necesita algún tratamiento previo del bioadsorbente como el secado y molienda, para obtener un tamaño adecuado de partícula. En otros casos, es necesaria una etapa de carbonización u oxidación para incrementar la capacidad de bioadsorción. En general, se pueden realizar dos clases de pre tratamiento: físico como lavado, molienda, tamizado o químico al hacer reaccionar el bioadsorbente con un agente químico, en este último es necesario un lavado posterior para retirar los restos del químico empleado. La presencia de determinados grupos en la superficie del bioadsorbente afecta su interacción con los metales o con otros compuestos, de esta forma, se puede aumentar el carácter hidrófilo adicionando grupos funcionales polares (Martín- Lara, 2008).

1.7.6. METODO ANALITICO

A continuación, se mencionan los principios del método analítico utilizado en el trabajo experimental para la cuantificación del Cr (VI).

Espectrometría de Absorción Atómica

La absorción de la luz por medio de átomos brinda una herramienta analítica poderosa para los análisis cualitativos y cuantitativos. La espectroscopia de absorción atómica, se basa en el principio de que los átomos libres en estado fundamental pueden absorber luz a una cierta longitud de onda. La absorción es específica, por lo que cada elemento absorbe a longitudes de onda características; es una técnica analítica aplicable al análisis de trazas de elementos metálicos en minerales, muestras biológicas, metalúrgicas, farmacéuticas, aguas, alimentos y de medio ambiente (García,2011).

2. METODOLOGIA

Objetivo 1. Determinar la concentración de Cr (VI) en el punto de descarga de una curtiembre de Pandiaco

Para determinar la concentración de Cr (VI) en el punto de descarga de una curtiembre de Pandiaco, se realizó un muestreo simple de una cantidad de agua tomada en el punto de descarga de una Curtiembre ubicada en la Carrera 47 del sector de Pandiaco en la ciudad de San Juan de Pasto, Nariño Colombia, el día 06 de mayo del 2016 a las 16:27 horas. Este líquido fue recolectado en un recipiente de color ámbar de 1000 ml de capacidad. Inicialmente se lavó el recipiente con ácido fosfórico para evitar interferencias durante el análisis, posteriormente se purga el frasco con la misma agua de curtiembre, buscando que las paredes del recipiente estén impregnadas de la sustancia. (ver figura10).

Figura 10. Toma directa de la Muestra de agua de Curtiembre



Fuente: Los autores

Una vez tomada la muestra, esta fue llevada directamente a los Laboratorios Especializados de la Universidad de Nariño, ubicada en la Calle 18 Carrera 50 Ciudadela Universitaria Torobajo, Pasto, Nariño. Dicho traslado demoró 20 minutos desde la recolección hasta la recepción por parte de los funcionarios del Laboratorio, por lo tanto,

no fue necesaria la refrigeración de la muestra o pretratamientos. Se solicitó un análisis mediante la técnica Espectrometría de Absorción Atómica, con una unidad de medida de $\text{mg Cr}^{+6}/\text{L}$.

Objetivo 2. Elaborar soluciones sintéticas para determinar la eficiencia en la remoción de Cr (VI).

Para elaborar soluciones sintéticas para determinar la eficiencia en la remoción de Cr (VI), se procedió a realizar una solución de concentración de 1000 ppm, a partir de dicromato de potasio. (Ver figura 11).

Figura 11. Solución de 1000 ppm de Cr (VI)



Fuente: Los autores

A partir de esta solución patrón se prepararon 10 soluciones de 100 mL de dicromato de potasio a una concentración teórica de 165 ppm, similar al de la muestra original de agua residual. (Ver figura 12). Las soluciones fueron trasvasadas a beakers los cuales fueron sellados con papel aluminio para evitar contacto con el medio y almacenados en un lugar oscuro. (Ver figura 13).

Figura 12. Preparación de muestras de Dicromato.



Fuente: Los autores

Figura 13. Muestras de Dicromato de Potasio



Fuente: Los autores

Objetivo 3. Evaluar la capacidad de adsorción de la cáscara de café y de papa en la remoción de Cr (VI).

Para evaluar la capacidad de adsorción de la cascara de café y de papa en la remoción de Cr (VI), el proyecto fue realizado dentro del laboratorio de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia CEAD Pasto.

El material elegido como biadsorbente fue la cascara de café proveniente de un pueblo llamado San José de Albán ubicado cerca de la ciudad de Pasto- Nariño, se escogió esta cascara porque los extractivos del material representan los compuestos de bajo peso molecular solubles en diferentes tipos de solventes sumando cerca de un 4% de la masa. Dado la baja cantidad de extraíbles y alto porcentaje de lignina Klason, se concluye que la cascarilla de café es una excelente opción a ser uno de los precursores de carbón activado de alta calidad debido a que a medida que se incrementa el contenido de lignina se aumenta la capacidad de remoción de metales (Basso et al., 2005). El otro material elegido como bioadsorbente fue la cascara de papa variedad parda, porque Mutongo, Kuipa & Kuipa (2014) estudiaron residuos industriales de cáscara de papa en la remoción de cromo hexavalente, encontrando que una dosificación de adsorbente de 4 g/L fue eficaz en la eliminación completa del ion metálico a pH 2,5 en 48 minutos con un porcentaje de eliminación del 74,84% y de 87,79% a partir de concentraciones de 100 mg/L y 60 mg/L de Cr (VI) respectivamente.

Se procedió a realizar un lavado con agua y un secamiento de la biomasa a temperatura ambiente antes de ser llevada al laboratorio. Seguidamente se dividió la cascara de papa en trozos aparentemente similares con la ayuda de tijeras y de bisturí, para que pueda ser pesada en los crisoles utilizados dentro del proceso de deshidratación. Las cascaras de café no fueron modificadas en su tamaño, debido a que su diámetro era acorde al tamaño requerido.

Se tomó 6 crisoles los cuales fueron pesados vacíos inicialmente y luego con la biomasa en una balanza Scout Pro 2000 (ver valores Tabla 2), 3 para la cascara de Papa y 3 para la cascara de Café. (Ver figura 14).

Figura 14. Crisoles con Cascara de Papa



Fuente: Los autores

Tabla 2. Pesos de crisoles vacíos y llenos.

N°	PESO CRISOL VACIO (g)	PESO CRISOL +CASCARA DE CAFÉ (g)
1	30,12	37,19
2	20,35	27,60
3	20,93	28,70
N°	PESO CRISOL VACIO (g)	PESO CRISOL + CASCARA DE PAPA (g)
1	21,66	36,03
2	21,13	36,77
3	21,05	37,16

Fuente: Los autores

Se colocan los crisoles a secar en la estufa MEMMERT U400 (ver figura 15) cuyas características se encuentran en la tabla 4, a 80 °C para evitar la descomposición del material, hasta masa constante en intervalos de 30 minutos, así: se toma el peso del crisol con la biomasa inicialmente antes de ingresar a la estufa, se dejan durante el lapso de tiempo definido, se deja enfriar y se pesa nuevamente en la balanza hasta determinar que ha ocurrido una disminución del peso con respecto al que ingreso. Este procedimiento se realizó 4 veces para la cáscara de café (120 minutos de secado) y 5 veces para la cáscara de papa (150 minutos de secado) hasta masa constante, es decir, hasta que el peso del crisol con la biomasa no siguió disminuyendo. (Ver valores Tabla 3).

Tabla 3. Masa constante del biomaterial.

Cascara de café:

N°	PESO (g) / 30 min	PESO (g) / 60 min	PESO (g) / 90 min	PESO (g) / 120 min
1	36,99	36,92	36,89	36,89
2	27,40	27,30	27,28	27,27
3	28,48	28,37	28,35	28,34

Cascara de papa:

N°	PESO (g) / 30 min	PESO (g) / 60 min	PESO (g) / 90 min	PESO (g) / 120 min	PESO (g) / 150 min
1	34,85	33,47	32,73	32,20	31,56
2	35,48	34,00	33,24	32,61	31,92
3	35,87	34,33	33,47	32,88	31,56

Fuente: Los autores

Tabla 4. Equipo utilizado para la deshidratación de biomasa en el análisis de absorción de Cr (VI)

EQUIPO	MARCA	MODELO	CARACTERÍSTICAS
Estufa	MEMMERT	UM400	Alcanza un rango de temperatura a partir de +50 °C, elaborada de acero inoxidable, con estriado periférico de aletas embutidas y superficie con revestimiento de cerámica y metal.

Fuente: Los autores

Figura 15. Ingreso de los crisoles a la Estufa MEMMERT U400



Fuente: Los autores

Después de la deshidratación de la biomasa y al tener un peso constante de la misma, se continuó con la tritución del material con la ayuda de una licuadora marca Oster completamente seca, para obtener diferentes tamaños de Partícula. (Ver figura 16)

Figura 16. Trituración de la Biomasa en licuadora marca Oster



Fuente: Los autores

Después de obtener el biomaterial triturado, se procedió a hacer pasar las partículas por dos mallas metálicas cuyos orificios tenían dos diámetros, uno de 0.5 mm y otro de 0.8mm respectivamente. Se recogió y se separó las muestras con los diferentes tamaños para seguir con el proceso de activación. (Ver figura 17)

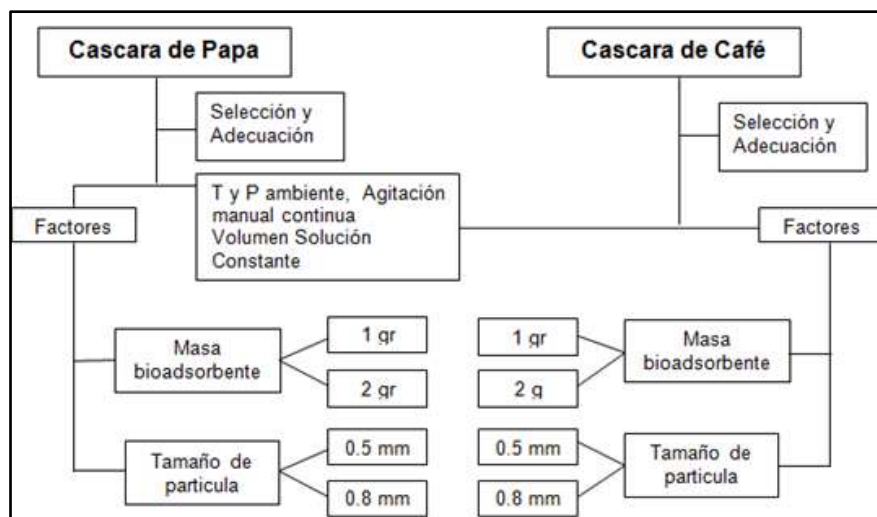
La metodología del proyecto se llevó a cabo mediante el siguiente diseño factorial 2^3 ya que este diseño permite observar y analizar los efectos de los factores involucrados, sus interacciones y encontrar las condiciones favorables para el proceso (Medina & López, 2011) (Ver figura 18)

Figura 17. Paso de las partículas por malla metálica



Fuente: Los autores

Figura 18. Diseños factoriales completos 2³



Fuente: Los autores

El diseño factorial empleado se realizaron 8 experimentos, 4 de ellos en cascara de papa y 4 encascara de café. Se utilizaron 2 masas de bioadsorbente activado en relación a 2 dos tamaños de partícula para cada material. De igual manera se depositó carbón activado

comercial para una de las muestras con el fin de evaluar su adsorción y tomarla como referencia y el otro solo estuvo la solución de Dicromato de Potasio sin ninguna clase de bioadsorbente, para un total de 10 soluciones.

Posteriormente se realizó la modificación química de la cascara de café y la cascara de papa, se reporta la masa de cada biomaterial empleado para la activación, donde se muestran los pesos totales obtenidos para cada una de las cascara y la masa empleada de cada cascara para hacer la activación como se indica en las tablas 6 y 7.

Tabla 5. Activación de la cascara de café con KOH

CASCARA DE CAFÉ	
Peso cascara café seca de 0,5 mm obtenida después de deshidratación.	19,57 g
Cascara de café de Diámetro 0,5 mm + KOH (activada)	9,01 g
Peso cascara café seca de 0,8 mm obtenida después de la deshidratación.	21,52 g
Cascara de café de Diámetro 0,8 mm + KOH (activada)	10,77 g

Fuente: Los autores

Tabla 6. Activación de la cascara de papa con KOH

CASCARA DE PAPA	
Peso cascara papa seca de 0,5 mm obtenida después de la deshidratación.	14,42 g
Cascara de papa de Diámetro 0,5 mm + KOH (activada)	7,0 g
Peso cascara papa seca de 0,8 mm obtenida después de la deshidratación.	15,50 g
Cascara de papa de Diámetro 0,8 mm + KOH (activada)	7,66 g

Fuente: Los autores

El material empleado para la ejecución de la activación fue Hidróxido de Potasio (KOH 10%), y se procedió así:

Modificación química con hidróxido de potasio: a determinada cantidad de cáscara de café y otra de cáscara de papa se agregaron 50 mL de hidróxido de potasio (KOH) 10% m/m y se sometió a calentamiento durante 30 minutos. Se dejó en reposo durante una noche, se realizó una filtración por gravedad y se efectuaron dos lavados con agua destilada a cada una, y luego se lavó con ácido clorhídrico (HCl) al 10% hasta alcanzar un pH de 3. Finalmente, se secaron en estufa a 100 °C hasta masa constante. (Ver figura 19).

Figura 19. Filtración a gravedad de la biomasa



Fuente: Los autores

Protocolo de adsorción: Una vez secas las cascaras después de la activación, se realizó un análisis cinético con el fin de determinar las condiciones óptimas del proceso considerando diferentes parámetros como $\text{pH} = 3$, tiempo de contacto de 4 horas, concentración de Cromo (VI) en solución 165 ppm y masa de bioadsorbente 1g y 2g.

La adsorción se realizó a temperatura ambiente de $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ con agitación manual continua. Se emplearon beakers de 100 mL conteniendo una determinada masa del bioadsorbente (1g y 2g) y 50 mL de la solución Cromo (165 ppm). El pH inicial se ajustó con ácido clorhídrico (HCl) 0.1 N. Se realizó una filtración por gravedad después de un determinado tiempo de contacto, y el filtrado fue usado para el análisis de Cromo VI.

Las 10 muestras fueron depositadas en 10 frascos transparentes propiedad del Laboratorio de la Universidad de Nariño, los cuales fueron refrigerados durante 1 día y llevados posteriormente para la determinación de Cromo VI que se realizó a través del método de espectrometría de absorción atómica empleando una llama aire- acetileno y la lectura se realizó a 357.9 nm.

3. RESULTADOS

OBJETIVO 1: Determinar la concentración de Cr (VI) en el punto de descarga de una curtiembre de Pandiaco

Para determinar la concentración de Cr (VI) en el punto de descarga, se realizó el análisis de la muestra de agua residual recolectada de una curtiembre del sector de Pandiaco ubicado en la ciudad de Pasto en el departamento de Nariño, se empleó la técnica de Espectrometría de Absorción Atómica con una llama aire-acetileno, la referencia del equipo es Perkin Elmer 2380 y lectura se realizó a 357.9 nm, arrojando una concentración de 165 ppm de Cr (VI). (Ver anexo A).

OBJETIVO 2. Elaborar soluciones sintéticas para determinar la eficiencia en la remoción de Cr (VI).

En la elaboración de las soluciones sintéticas para determinar la eficiencia en la remoción de Cr (VI), las muestras fueron analizadas en los laboratorios de la Universidad de Nariño en un Espectrómetro de Absorción Atómica Perkin Elmer 2380, en donde la muestra sintética sin ningún tipo de material (cáscara de café y papa) presentó arrojo una concentración de 135 ppm (Ver anexo B).

OBJETIVO 3. Evaluar la capacidad de adsorción de la cáscara de café y de papa en la remoción de Cr (VI).

Para evaluar la capacidad de adsorción de la cáscara de café y de papa en la remoción de Cr (VI), las 10 soluciones preparadas en el laboratorio de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia - Unad fueron llevadas y analizadas en los laboratorios de la Universidad de Nariño en un Espectrómetro de Absorción Atómica Perkin Elmer 2380, en donde los valores de concentración para cada una de ellas se encuentran registrados en la tabla 7. (Ver anexo C).

Tabla 7. Resultados obtenidos en el tratamiento de biomasa para la adsorción de Cr (VI)

No. de Muestra	Descripción de la Muestra	Tipo de adsorbente	Peso de adsorbente (gr)	Tamaño de Partícula del adsorbente (mm)	Concentración de Cr+6 después de adsorción (ppm)	Cantidad de Remoción de Cr+6 (ppm)	Porcentaje de Remoción
1	Agua Residual Sintética 1	N/A	N/A	N/A	135	0	0,00
2	Agua Residual Sintética 2	Carbón Activado	2	N/A	67,5	67,5	50,00
3	Agua Residual Sintética 3	Cáscara de Papa	1	0,8	17,5	117,5	87,04
4	Agua Residual Sintética 4	Cáscara de Papa	2	0,8	2,5	132,5	98,15
5	Agua Residual Sintética 5	Cáscara de Papa	1	0,5	25	110	81,48
6	Agua Residual Sintética 6	Cáscara de Papa	2	0,5	2,5	132,5	98,15
7	Agua Residual Sintética 7	Cáscara de Café	1	0,8	27,5	107,5	79,63
8	Agua Residual Sintética 8	Cáscara de Café	2	0,8	0,83	134,17	99,39
9	Agua Residual Sintética 9	Cáscara de Café	1	0,5	1,67	133,33	98,76
10	Agua Residual Sintética 10	Cáscara de Café	2	0,5	1,25	133,75	99,07

Fuente: los autores

4. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

Objetivo 1: Determinar la concentración de Cr (VI) en el punto de descarga de una curtiembre de Pandiaco

Para determinar la concentración de Cr (VI) en el punto de descarga de una curtiembre de Pandiaco, se estableció una comparación entendiéndose por Valores Máximos Admisibles (VMA), como aquel valor de la concentración de elementos, sustancias o parámetros físicos y/o químicos, que caracterizan a un efluente no doméstico que va a ser descargado a la red de alcantarillado sanitario, que al ser excedido en sus parámetros aprobados causa daño inmediato o progresivo a la infraestructura sanitaria, tratamiento de aguas residuales y tiene influencias negativas en los procesos de tratamiento de aguas residuales.

Por esta razón según los valores máximos admisibles como se observa en la tabla 8, se puede decir que la muestra de agua residual tomada en el punto de descarga de la Curtiembre del Sector de Pandiaco en la ciudad de Pasto perteneciente al departamento de Nariño, sobrepasa los valores máximos admisibles ya que presenta una concentración de Cr VI de 165 ppm y su valor permitido es 0,5 ppm para aguas de consumo doméstico, lo cual indica que es una agua que está altamente contaminada como lo menciona Gil, Cabrera & Jaramillo (2003) – “La presencia de metales pesados en cuerpos acuáticos constituye un problema grave de contaminación”.

La mayor fuente de estos metales es la descarga inadecuada de aguas de desecho industrial. Para el caso del Cr (VI), estos efluentes se deben tratar con el fin de minimizar su concentración, considerando el gran impacto ambiental que generan, aunque los métodos disponibles para su remoción no son tan eficientes”. Es por tal razón que dentro de los metales pesados se encuentra el Cr (VI), un ion peligroso extremadamente móvil en ambientes acuáticos y suelos, es un fuerte agente oxidante fácilmente absorbido por la piel, incluso en pequeñas cantidades que irrita los tejidos de plantas y animales (García,

2014 El United States Department of Health & Human Services (USA, 2003) indica a modo de ejemplo que respirar aire con niveles de cromo (VI) de 0.002 mg/m³ en forma continua, provoca perforaciones en el tabique nasal con pérdidas de sangre, úlceras o asma. Lo mismo ocurre con su ingestión, lo cual provoca trastornos y úlceras estomacales, convulsiones, daños al hígado y riñón; o úlceras en la piel si el contacto es externo.

Todo esto se produce debido a que el cromo (VI) en caso de ser asimilado por humanos busca siempre su forma estable cromo (III). Las reacciones que lo llevan de la forma (VI) a (III) generan el consiguiente perjuicio para la salud derivando en procesos tóxicos, carcinógenos y mutagénicos (Ulrich, 1987; Losi et al., 1994).

Tabla 8. Valores máximos Admisibles.

PARAMETRO	UNIDAD	EXPRESION	VMA PARA DESCARGAS AL SISTEMA DE ALCANTARILLADO
Aluminio	mg/L	Al	10
Arsénico	mg/L	As	0,5
Boro	mg/L	B	4
Cadmio	mg/L	Cd	0,2
Cianuro	mg/L	CN	1
Cobre	mg/L	Cu	3
Cromo hexavalente	mg/L	Cr+6	0,5

Cromo total	mg/L	Cr	10
Magnesio	mg/L	Mn	4
Mercurio	mg/L	Hg	0,02
Níquel	mg/L	Ni	4
Plomo	mg/L	Pb	0,5
Sulfatos	mg/L	SO ₄ -2	500
Sulfuros	mg/L	S-2	5
Zinc	mg/L	Zn	10
Nitrógeno amoniacal	mg/L	NH ₄ ⁺	80
pH(2)		pH	6-9
Sólidos sedimentables (2)	mL/L/h	S.S.	8,5
Temperatura(2)	°C	T	<35

Tomado de: Valores Máximos Admisibles de las descargas de aguas residuales No domésticas, 2009.

Objetivo 2. Elaborar soluciones sintéticas para determinar la eficiencia en la remoción de Cr (VI).

Para la determinación de la eficiencia de adsorción de la cáscara de café y cáscara de papa en la remoción de Cr (VI) presente en aguas residuales provenientes de una curtiembre de Pandiaco, no se trabajó con la muestra madre ya que aplicar la técnica de remoción de materia orgánica tarda mucho ya que los procesos de tratamiento biológico de aguas residuales son diseñados inicialmente para eliminar la materia orgánica tanto disuelta como suspendida en el agua residual. Las condiciones medioambientales son optimizadas

para favorecer el crecimiento de los micro-organismos los cuales utilizan dicha materia orgánica como sustrato.

El tratamiento biológico de aguas residuales también es capaz de eliminar otros componentes del agua como sólidos suspendidos, nitrógeno, fósforo, metales pesados y xenobióticos. En general el tratamiento biológico es el método más eficiente y económico de eliminar contaminación orgánica en los efluentes.

Por consiguiente, para agilizar el desarrollo de este trabajo de investigación se trabajó con soluciones sintéticas buscando conseguir la misma concentración de la muestra madre, pero debido a errores sistemáticos o aleatorios en reducción de peso, se puede determinar que la balanza empleada no era exacta, razón por la cual no se pudo hacer ajustes para este problema al analizar los resultados. Esto causó que los resultados del estudio incluyan algunos errores y no se pudo llegar a la concentración deseada (165 ppm), pero el valor obtenido aún sigue siendo una concentración mucho mayor a la permitida (135 ppm).

Objetivo 3. Evaluar la capacidad de adsorción de la cáscara de café y de papa en la remoción de Cr (VI).

Se realizó una comparación entre los dos biomateriales cascara de café y cascara de papa, para evidenciar cuál de los dos presenta mejor adsorción, tomando como referencia el tamaño de la cascara, el peso de la misma y el promedio para evidenciar el porcentaje de mejora de cada una de ellas como se muestra en la tabla 9.

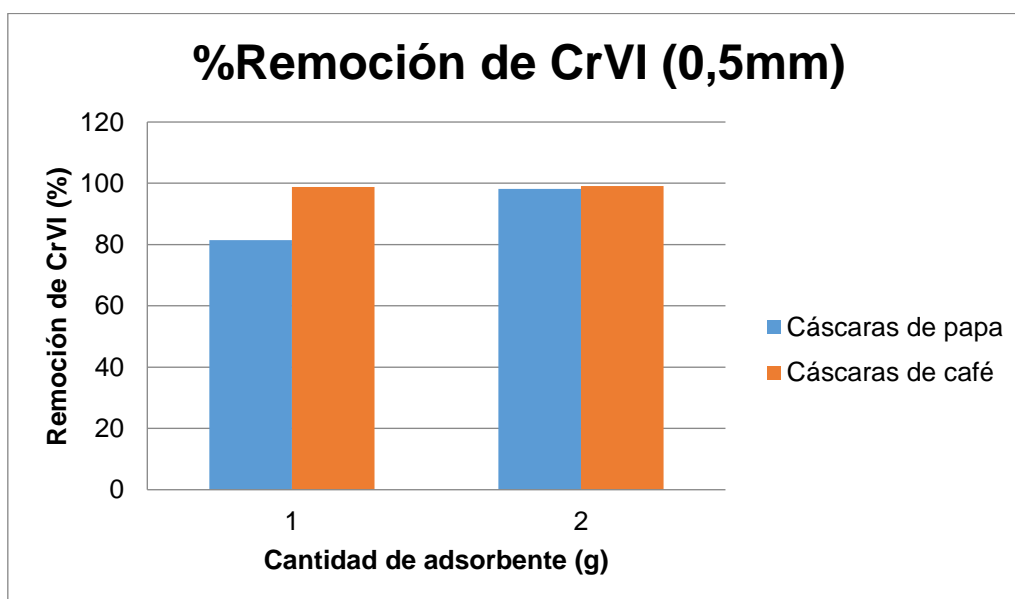
Tabla 9. Comparación de mejora de la absorción.

Cascaras	Tamaño de cascara (mm)	Peso (g)	Porcentaje (%)
Café	0,5	1	98.76
	0,5	2	99.07

	0,8	1	79.63
	0,8	2	99.39
Promedio absorción			99.23
Mejora			0,496120125
Papa	0,5	1	81.48
	0,5	2	98.15
	0,8	1	87.04
	0,8	2	98.15
Promedio absorción			98.15
Mejora			0,49057565

Fuente: Los autores

Gráfica 1. Porcentaje de Remoción de Cr (VI) (0.5mm)

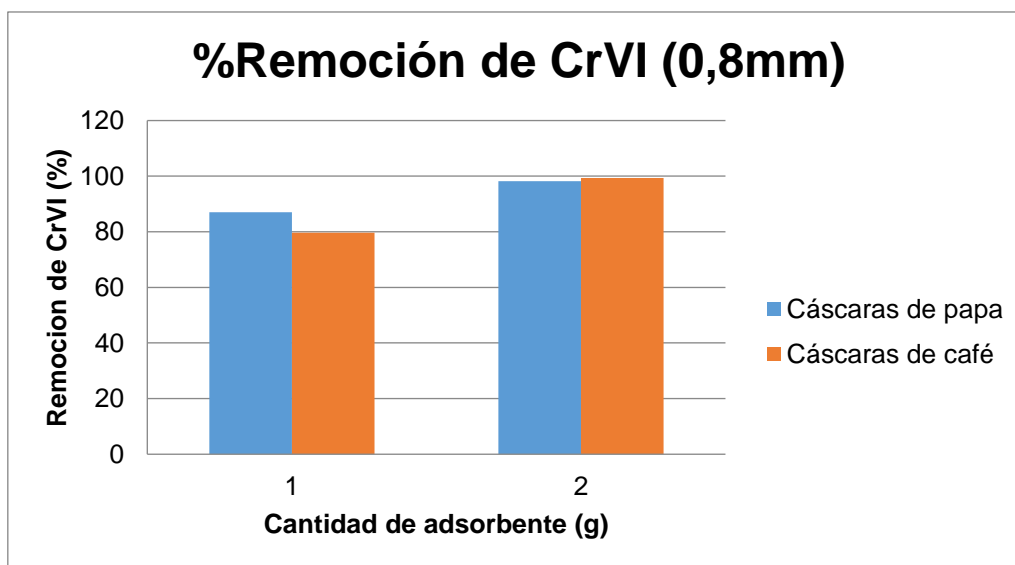


Fuente: Los autores

En la gráfica 1 se puede observar que la adsorción sobre biomasa activada químicamente es posible a las condiciones experimentales establecidas, exhibiendo levemente mejores resultados de remoción las cascaras de café. Para este material en particular no se notan diferencias apreciables entre usar 1g o el doble de cantidad de adsorbente en el proceso de adsorción, este fenómeno se podría explicar debido a que posiblemente no se haya alcanzado un estado de saturación total del material que permita definir diferencias más notorias.

Caso contrario para la adsorción de cromo hexavalente con cascaras de papa, en donde se logra una mayor adsorción para cuando se duplica la cantidad de biomasa, este comportamiento se esperaba ya que a mayor cantidad de adsorbente aumentan los puntos activos disponibles para la adsorción del compuesto de interés en la superficie. Cabe resaltar que para que el adsorbato llegue a la mayoría de puntos activos disponibles es indispensable contar con una agitación correcta que permita el contacto de la superficie de todo el material adsorbente con la solución a tratar.

Gráfica 2. Porcentaje de Remoción de Cr (VI) (0.8mm)

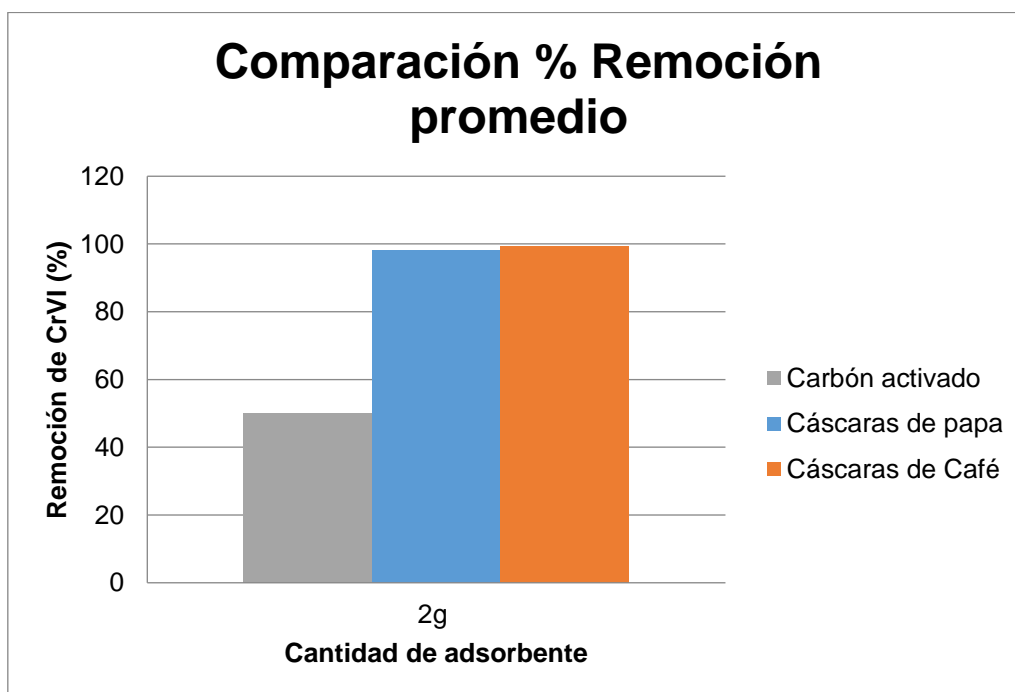


Fuente: Los autores

En el gráfico 2 se puede observar que al trabajar con la misma masa de adsorbente pero con un menor tamaño de partícula se sugiere implícitamente que el área superficial puesta en contacto con la solución es considerablemente más extensa, afirmación corroborada por la figura anterior en donde la cantidad de cromo removido es menor en comparación a la adsorción realizada por los adsorbentes con menor tamaño de partícula.

En este caso se puede notar que la eficiencia de adsorción de las cáscaras de café en comparación a las cáscaras de papa es levemente inferior a menor cantidad de material. Para cuando se emplea el doble de material la remoción es similar a la presentada a un tamaño de partícula inferior, fenómeno que posiblemente se explica por no estar trabajando con certeza de estados de saturación, y pueden existir aun sitios activos disponibles para que la adsorción continúe.

Gráfica 3. Comparación Porcentaje de Remoción promedio



Fuente: Los autores

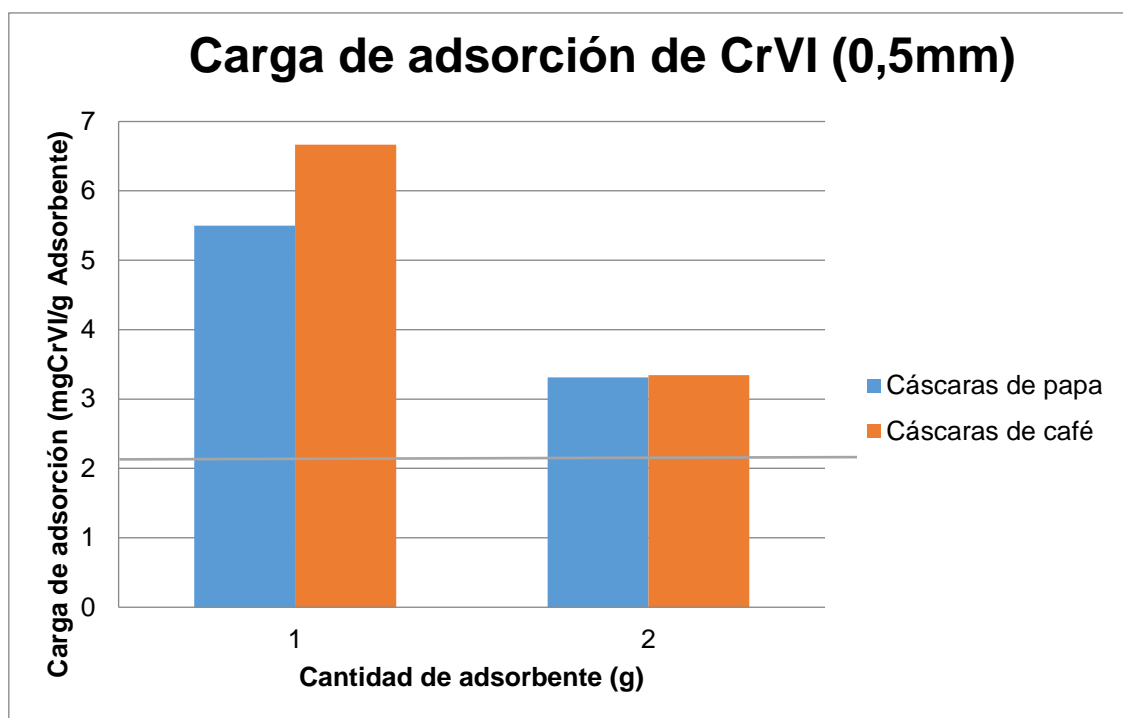
En el grafico 3 los porcentajes de remoción obtenidos en comparación con el porcentaje de remoción logrado con un carbón activado comercial, son apreciablemente superiores tal como se observa en la anterior figura. En donde a similares condiciones se alcanza aproximadamente el doble de remoción cuando se emplea biomasa activada. Esto sugiere un panorama optimista para el empleo de las biomásas en mención para el tratamiento de aguas contaminadas con cromo hexavalente. Adicionalmente se puede inferir que al emplear 2 gramos de biomasa activada no se observan diferencias notorias en la cantidad de cromo removido en relación al tipo de biomasa empleada. En efecto se podría suponer que no se han alcanzado los respectivos estados de saturación total de las superficies o que las superficies porosas desarrolladas mediante la activación son similares.

Debido a que los valores de remoción obtenidos hasta el momento se encuentran relacionados con la cantidad de masa empleada, se realizaron cálculos de las respectivas cargas de adsorción, las cuales relacionan la cantidad de mg de cromo hexavalente adsorbido por cada gramo de adsorbente empleado mediante la siguiente ecuación:

$$q = \left[\frac{C_0 - C_e}{m_{CA}} \right] V$$

Donde C_0 (mg/L) es la concentración inicial de la solución, C_e (mg/L) concentración de la solución en equilibrio, V (L) es el volumen de la solución tratada y m_{CA} (g) es la masa del adsorbente. (Alaa H. Jalil, 2012).

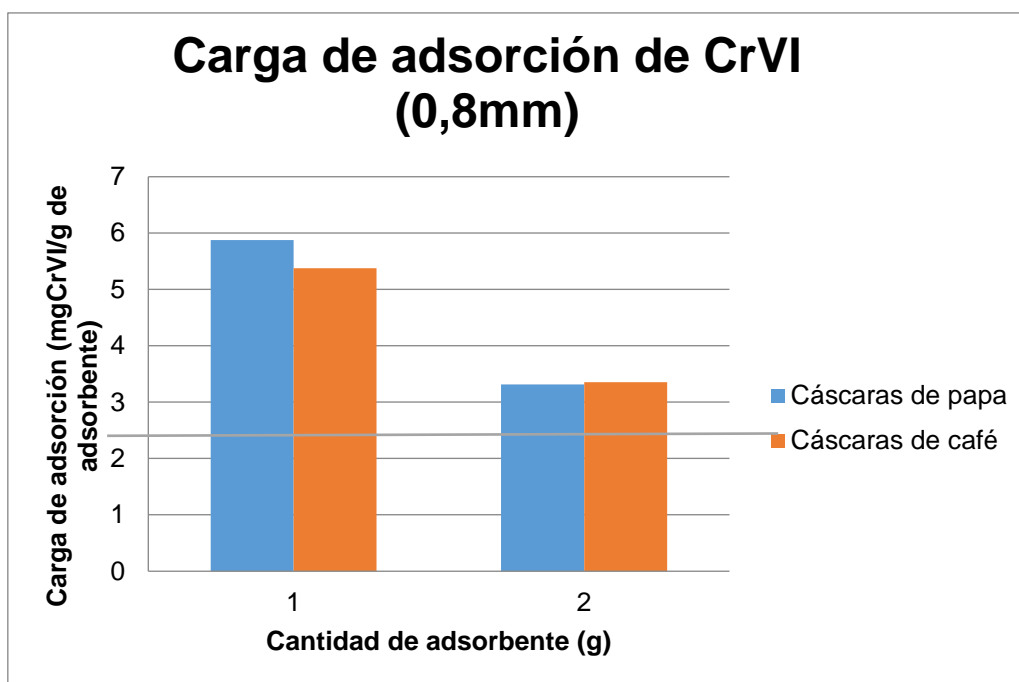
Gráfica 4. Carga de adsorción Cr (VI) (0.5 mm)



Fuente: Los autores

En el grafico 4 se puede ver que acorde a los datos presentados para los porcentajes de remoción, en la figura se puede inferir que la mayor carga de adsorción se presentó para las cargas de café, esto implica que para la misma cantidad de material se puede absorber mayor cantidad de adsorbato con las cascarras de café. La cantidad usada de adsorbente hasta los límites experimentales analizados, no se observa como una variable que mejore drásticamente el fenómeno de adsorción sobre la superficie de la biomasa activada. Aunque es de suponer que la existencia de mayores puntos activos para la adsorción permitiría una mayor remoción de la sustancia de interés, pero al trabajar en la adsorción por unidad de masa no es una variable de gran influencia.

Gráfica 5. Carga de adsorción Cr (VI) (0.8mm)



Fuente: Los autores

Según el gráfico 5 se puede ver que de forma opuesta a lo que se presentó al trabajar con adsorbente de tamaño de partícula de 0,5mm, ahora se evidencia mejor carga de adsorción por parte de las cáscaras de papa. Pero en relación a las cargas de adsorción en toda la experimentación se puede concluir que las cáscaras de café a 0,5mm de tamaño de partícula muestran mejor desempeño.

Para corroborar esta afirmación es preciso obtener experimentalmente las cargas máximas que se pueden obtener por unidad de masa de cada material, tema que puede ser de interés para futuras investigaciones.

Las cáscaras de café y papa modificadas químicamente con hidróxido de potasio (KOH 1% m/m), en un rango de masa comprendido entre 1 y 2 g, produjo efectivamente

adsorción de cromo hexavalente como lo indica la tabla 7, mostrando un incremento significativo del porcentaje de adsorción cercano al 92,71%.

El pH de la solución acuosa se considera un parámetro importante que controla los procesos de adsorción de metales en diferentes adsorbentes como en este caso la cascara de café y la cascara de papa, debido al hecho que los iones hidrógeno se constituyen como un adsorbato fuertemente competitivo, y a la influencia del pH en la especiación química del metal.

La adsorción de Cr (VI) fue mayor en la biomasa utilizada (cascara de Café y cascara de Papa) que en el carbón activado utilizado como referencia comercial. Esto indica que los grupos funcionales presentes en la superficie de estas cáscaras, atraen de manera más efectiva la naturaleza del metal.

Una baja en el pH causa la protonación de la superficie del adsorbente, lo que induce una fuerte atracción por los iones Cromo (VI) de la solución cargados negativamente, por lo que la bioadsorción incrementa al aumentar la acidez de la solución. Sin embargo, cuando el pH aumenta, se incrementa la concentración de iones OH⁻, induciendo cambios en la superficie del adsorbente, impidiendo la bioadsorción de los iones Cromo (VI) cargados negativamente, lo cual disminuye la adsorción del metal a esos valores de pH. (Gadd & Griffiths, 1980).

Por consiguiente, la adsorción de iones metálicos depende tanto del tamaño de la superficie adsorbente que en este caso fue de 0,5 y 0,8 mm de diámetro como de la distribución de las especies químicas del metal en solución acuosa.

Para la adsorción de cromo en las cáscaras sometidas a tratamiento químico con hidróxido de potasio (KOH), los experimentos se realizaron a un pH igual a 3. Los resultados obtenidos muestran que el porcentaje de remoción de cromo (VI) aumenta al incrementar la concentración de protones, alcanzándose un máximo a pH igual 3. A este valor inicial

de pH, la superficie del bioadsorbente podría estar altamente protonada, lo cual podría favorecer la captación de cromo (VI) en su forma aniónica predominante (anión HCrO_4) (Rao et al., 1992). Parafraseando a Selvi, se puede decir que, al aumentar el pH, el grado de protonación de la superficie disminuye y en consecuencia también se reduce la adsorción del tóxico (Selvi et al., 2001). Y como resultado del aumento de pH se presenta una competencia entre los iones OH^- y los iones cromato.

Cuando se realiza el análisis de masa, se logra observar que cuando se incrementa la masa del bioadsorbente aumenta también la cantidad de cromo (VI) adsorbido, y esto se debe a un aumento en el área superficial y en los sitios activos de unión disponibles en el biomaterial.

Además, se analizó si el tiempo de incubación de la mezcla (bioadsorbente tratado químicamente – solución de cromo (VI)) modifica el porcentaje de adsorción de cromo VI. Para ello, se ensayó con un solo tiempo de incubación que fue de 4 horas por agitación manual. La remoción de cromo (VI) por el bioadsorbente aumenta con el tiempo de contacto, según lo menciona Eggs, Salvarezza, Azariol, Fernández & García (2012) en su estudio adsorción de cromo hexavalente en la cascara de arroz modificada químicamente el cual se analizaron los factores cinéticos que afectan la adsorción de cromo (VI) en solución empleando como bioadsorbente la cáscara de arroz modificada químicamente, con hidróxido de potasio 1% o con ácido fosfórico 1M, encontrándose que el tratamiento químico del biomaterial aumenta la capacidad de adsorción del contaminante a pH inferiores a 2 que alcanza los 3 mg Cr(VI) /g, aproximadamente.

Con respecto a las otras biomásas utilizadas, la mayoría de los autores reportan menores eficiencias de remoción del metal, por ejemplo: 45 mg/L por la corteza de eucalipto (Sarin & Pant, 2006); 13.4 y 17.2 mg/L por bagazo y pulpa de caña de azúcar (Sharma & Foster, 1994), 29 mg/L por fibra de coco (Huang & Wu, 1977), 8.66 mg/L por la lana (Dakiki et al., 2002). Al aumentar la cantidad de biomasa, también se incrementa la remoción de Cromo (VI) en solución como se observa, debido a que hay más sitios de bioadsorción del metal, ya que la cantidad de bioadsorbente añadido determina el número de sitios de

unión disponibles para la bioadsorción del metal (Cervantes et al., 2001). Resultados similares se han reportado para *R. nigricans*, aunque éstos últimos con 10 g de biomasa (Bai & Abraham, 2001), pero son diferentes a lo reportado por Zubair et al. (2008), para la biomasa de los desechos de la mandarina (gabazo), quienes reportan una concentración óptima de biomasa de 100 mg/L. en el caso de la cascara de café fue de 134,17 mg/L y en la cascara de papa 132,5 mg/L.

5. CONCLUSIONES

Los resultados de esta investigación confirman que es posible la adsorción de Cromo (VI) en aguas residuales, mediante la aplicación de biomateriales como la Cáscara de Papa y la Cáscara de café, mediante un tratamiento químico adecuado de activación en medio básico, proceso que permite ahorrar en tiempos de operación y costos generales, en comparación a los adsorbentes comerciales.

Durante las pruebas de adsorción de Cr (VI) de dos matrices orgánicas modificadas químicamente con KOH a pH 3, se determinó que la Cascara de Café muestra una leve mejora en la adsorción con respecto a la Cascara de papa; esto se debe a la posible presencia de grupos funcionales dentro de la estructura del biomaterial, que producen una mayor afinidad con el metal.

Se determinó que en la cáscara de café no hay diferencias significativas entre usar 1g o 2 g de material activado para el proceso de adsorción de Cr (VI), deduciendo que no se alcanzó una saturación total de la biomasa. Por su parte, en la cáscara de papa se logra una mayor adsorción con el aumento de la masa del bioadsorbente, debido al aumento de puntos activos disponibles para la adsorción del Cr (VI).

La agitación manual realizada durante las 4 horas, fue primordial a la hora de tratar el adsorbato, debido a que esta permitió que hubiera un contacto total con toda la superficie del material, elevando la cantidad de sus puntos activos.

El porcentaje de remoción obtenido en la aplicación de la presente investigación, es apreciablemente superior al logrado con el carbón activado de venta comercial, en donde

en similares condiciones alcanza aproximadamente el doble de remoción de Cr (VI). Esto denota que en el tratamiento de aguas residuales se puede emplear materiales mucho más económicos y de fácil acceso.

6. RECOMENDACIONES

Debido al enfoque exploratorio de la presente investigación, existen un gran número de recomendaciones entre las que tenemos: dar prioridad al trabajo de los estados de saturación del biomaterial, debido a que pueden existir otros sitios activos disponibles para que la adsorción siga su curso; agitar las muestras en equipos de laboratorio diseñados para tal fin, con el propósito de permitir un recubrimiento estable y uniforme de la biomasa; trabajar a diferentes pH, identificando si este actúa en favor o en contra de la adsorción. Continuar con el análisis de estos desechos orgánicos, con el fin de identificar una mayor cantidad de materiales que pueden influir en el tratamiento de aguas contaminadas.

7. BIBLIOGRAFIA

Abdolai, A., Guo, W.S., Ngo, H.H., Chen, S.S., Nguyen, N.C. & Tun, K.L. (2014). Typical lignocellulosic wastes and by-products for biosorption process in water and wastewater treatment: a critical review. *Bioresource Technology*, 160, 57-66. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096085241301866X>

Acosta, I. y otros (2010). "remoción de Cromo (VI) en Solución Acuosa por la Biomasa de la cascara de tamarindo. Hidalgo- México. Vol. 14 n°3.

Acosta, I., Sandoval, P., Bautista, D., Hernández, N., Cárdenas, J., & Martínez, V. (2012). Bioadsorción de cromo (VI) por la cáscara de mamey (*Mammea americana* L.). *Av. cien. Ing.* 3(2), 1-9. Recuperado de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3962123>

Adams, B. & Holmes, E. (1935). Adsorptive properties of synthetic resins. *I. J. Soc. Chem. Ind.* 54, 1-6.

Ahalya, N., Kanamadi, R. & Ramachandra, T. (2007). Cr (VI) and Fe (III) removal using *Cajanus Cajan* husk. *Journal of Environmental Biology*. 28(4), 765-769. Recuperado de http://eprints.iisc.ernet.in/12482/1/paper_12.pdf

Alaa H. Jalil (2012). Surface Area Determination of Activated Carbons Produced from Waste Tires Using Adsorption from Solution. Recuperado de <http://www.iasj.net/iasj?func=fulltext&ald=62098>

Biosorption of Cr(VI) by *Psidium guajava*. *Global Journal of Environmental Research*, 3(3), 149-154. Recuperado de [http://idosi.org/gjer/gjer3\(3\)09/3.pdf](http://idosi.org/gjer/gjer3(3)09/3.pdf)

Campos, E. (2008). Estudio de la adsorción de cromo hexavalente como biomaterial la ectodermis de opuntia. *Quivera*. 10(1), 16-31. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/401/40113197002.pdf>

Centro Nacional de producción más limpia. *Curtido a Cromo*. Revisado 26/01/2016
Recuperado de:
<http://www.sirac.info/curtiembres/html/Archivos/Publicaciones/7.pdf>

Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente. (2002). Bogotá: Legis Editores S.A.

De Blas, I. (2011). Desarrollo y optimización de un método para la determinación de Cr (VI) en matrices complejas. Universidad de Alicante, 14. Recuperado de <https://iuaca.ua.es/es/master-agua/documentos/-gestadm/trabajos-fin-de-master/jelena-milovanovic.pdf>

Eggs, N., Salvarezza, S., Azariol, R., Fernández, N. & García, M. (2012). Adsorción de cromo hexavalente en la cáscara de arroz modificada químicamente. *Av. cien. Ing.*, 3(3), 141-151. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/3236/323627687014.pdf>

Elangovan, R., Ligy Philip, L. & Chandraraj, K. (2008). Biosorption of chromium species by aquatic weeds: Kinetics and mechanism studies. *J. Hazard. Materials*: 152, 100-112.

Farooq, U., Kosinsky, J., Khan, M. & Athar, M. (2010). Biosorption of heavy metals using wheat based biosorbents – A review of the recent literature. *Bioresource Technology*, 101, 5043-5053. doi:10.1016/j.biortech.2010.02.030

Fu, F. & Wang, Q. (2011). Removal of heavy metals ions from wastewater: a review. *Journal of Environmental Management*, 92, 407-418. doi: 10.1016/j.jenvman.2010.11.011

García, A. (2011). *Inmovilización de los complejos DTSALEN-Mn(III) y DTSALHD-Mn(III) en una arcilla pilarizada con aluminio y su evaluación catalítica en la reacción de epoxidación de ciclohexeno*. Universidad de Nariño, Pasto, Colombia.

García, F. G. (2014). Remoción de cromo hexavalente utilizando un sistema de filtración con α -alúmina. Recuperado de : <http://ri.uaemex.mx/bitstream/123456789/14995/1/420094.pdf>

Gautam, R., Mudhoo, A., Lofrano, G. & Chattopadhyaya, M. (2014). Biomass-derived biosorbents for metal ions sequestration: Adsorbent modification and activation methods and adsorbent regeneration. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 2, 239-259. doi: 10.1016/j.jece.2013.12.019

Gil, E., Cabrera, M. & Jaramillo, S. (2003). Foto-Oxidación del sistema cromo hexavalente-4-clorofenol. *Universidad EAFIT*, 39(131), 60-76. Recuperado de <http://publicaciones.eafit.edu.co/index.php/revista-universidad-eafit/article/view/903/809>

Gómez, A., Rincón, S., Klose, W. (2010). “Carbón Activado de Cuesco de Palma: Estudio de Termogravimetría y Estructura”. Kassel, Alemania: Kassel University Press GmbH.

Gómez, N. (2012). “*Recubrimientos mesoporosos y mesoestructurados de TiO₂-anatasa por el método sol-gel para aplicaciones en sistemas fotocatalíticos*”. Instituto de Cerámica y Vidrio, Madrid, España.

Grassi, M., Kaykioglu, G., Belgiorno, V., & Lofrano, G. (2012). Removal of emerging contaminants from water and wastewater by adsorption process. Volume 2, 97-102.

Hawley, E., Deeb, R., Kavanaugh, M. & Jacobs, J. (2004). Treatment Technologies for Chromium(VI). *Chromium VI Handbook*. CRC Press LLC.

Herra, J. (2008). *Estudio de transporte eléctrico y magnético de $\text{La}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{MnO}_3$ dopada con Al_2O_3 para 10, 20 y 30% en peso*. Universidad Nacional de Colombia, Manizales, Colombia.

Higuera, O., Florez, L. & Arroyave, J. (2009). Estudio de la biosorción de cromo con hoja de café. *Revista ingeniería e investigación*, 29(2), 59-64. Recuperado de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=64311752010>
http://ccs.org.co/doc_static/cisproquim/documentos_tecnicos/Perfil_Nacional_de_Sustancias_Qu

Hubbe, M., Hassan, S. & Ducoste, J. (2011). Cellulosic substrates for removal of pollutants from aqueous systems: a review. 1. Metals. *BioResources*, (2), 2161-2287.

Hucun, U., Kemal, Y., Kaya, Y. & Cakici, A. (2002). Biosorption of chromium(VI) from aqueous solution by cone biomass by *Pinussil vestrys*. *Bioresource Technology*, 85, 155-158.

Informe Técnico sobre Minimización de Residuos en una Curtiembre (1997). Recuperado de:
<http://www.bvsde.paho.org/eswww/fulltext/gtz/infomini/minimiz1.html>

Khattari, S.D. & Singh, M.K. (2009). Removal of malachite green from dye waste water using neem sawdust by adsorption. *J Hazard Mater*. 167, 1089–1094.

Kurniawan, T.A. & Babel, S. (2003). A research study on Cr(VI) removal from contaminated waste water using low cost adsorbents and commercial activated carbon. *Proceedings of the 2nd international conference on energy technology towards a clean environment*, 2, 1110-1117

López, A., Suárez, O., Hoyos, M. & Montes, C. (2012). Perfil nacional de sustancias químicas en Colombia. Bogotá, D.C.: Nuevas Ediciones S.A. Recuperado de

Mandina, S., Chigondo, F., Shumba, M., Nyamunda, B. & Sebeta, E. (2013). Removal of chromium (VI) from aqueous solution using chemically modified orange (*citrus cinensis*) peel. *IOSR Journal of Applied Chemistry (IOSR-JAC)*, 6 (2), 66-75.

Marandi, R. (2011). Biosorption of hexavalent chromium from aqueous solution by dead fungal biomass of *phanero chaete crysoporum*: batch and fixed bed studies. *Canadian Journal on Chemical Engineering & Technology*, 2(2). Recuperado de <http://www.ampublisher.com/Feb%202011/CET-1102-012-Biosorption-of-Hexavalent-Chromium-from-Aqueous-Solution-by-Dead-Fungal-Biomass-of-Phanerochaete-crysosporium-Batch-and-Fixed-Bed-Studies.pdf>

Martín-Lara, M.A. (2008). Caracterización y aplicación de biomasa residual a la eliminación de metales pesados. Universidad de Granada, Facultad de Ciencias, Departamento de Ingeniería Química. Recuperado de <http://0-hera.ugr.es.adrastea.ugr.es/tesisugr/17514629.pdf>

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2015). Minambiente presenta nueva norma de vertimientos que permitirá mejorar la calidad agua del país. Bogotá, 18 de marzo de 2015. Recuperado de <https://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article?id=1700:minambiente-presenta-nueva-norma-de-vertimientos-que-permitira-mejorar-la-calidad-agua-del-pais>

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2005). Política ambiental para la gestión integral de residuos o desechos peligrosos. Dirección de Desarrollo Sectorial Sostenible. Recuperado de http://www.minambiente.gov.co/documentos/Politica_Residuos%20peligrosos.pdf

Miretsky, P. & Fernandez, A. (2010). Cr (VI) and Cr (III) removal from aqueous solution by raw and modified lingo cellulosic materials: A review. *Journal of Hazardous Materials*, 180(1), 1-19. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389410005066>

Mutongo, F., Kuipa, O. & Kuipa, P. (2014). Removal of Cr(VI) from Aqueous Solutions Using Powder of Potato Peelings as a Low Cost Sorbent. *Bioinorg Chem Appl.*, Recuperado de <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4100450/>

Netzahuatl, A., Cristiani, M. & Cristiani, E. (2010). Estudio cinético de la remoción de cromo hexavalente y de cromo total por la corteza del árbol de pirul. *Revista Cubana de Química*, 12 (3), 3-8.

Netzahuatl, A., Pineda, G., Barragan, B. & Cristiani, E. (2010). Evaluación de la cáscara del aguacate para la remoción de cromo hexavalente y cromo total de soluciones acuosas. *Revista CENIC. Ciencias Químicas*, 41, 1-10. Recuperado de <http://www.redalyc.org/pdf/1816/181620500025.pdf>

New trends in removing heavy metals from industrial waste water. *Arabian Journal of Chemistry*. 4, 361-377. doi: 10.106/j.arabjc.2010.07.019

Osasona, I., Adebayo, A. & Ajayi, O. (2013). Adsorptive Removal of Chromium (VI) from Aqueous Solution Using Cow Hooves. *Journal of Scientific Research & Reports*, 2(1), 288-303.

Pandharipande, S. & Kalnake, R. (2013). Tamarind fruit shell adsorbent synthesis, characterization and adsorption studies for removal of Cr(VI) & Ni(II) ions from aqueous solution. *International Journal of Engineering Sciences & Emerging Technologies*, 4 (2), 83-89. Recuperado de <http://www.ijeset.com/media/0001/10N8-IJES0402828.pdf>

Pinzón, M. & Vera, L. (2009). Modelamiento de la cinética de bioadsorción de Cr (III) usando cáscara de naranja. *Dyna.*, 76(164), 96-106. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/dyna/v76n160/a09v76n160.pdf>

Poojari, A., Maind, S. & Bhalerao, S. (2015). Effective removal of Cr (VI) from aqueous solutions using rind of Orange (*Citrus sinensis*), (L.) Osbeck. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci.*, 4(4), 653-671. Recuperado de <http://www.ijcmas.com/vol-4-4/Anukthi%20C.%20Poojari,%20et%20al.pdf>

Red de Desarrollo Sostenible. (2013). Políticas Ambientales. Recuperado de <http://www.rds.org.co/politicas.htm>

Red de Desarrollo Sostenible. (2013). Políticas Ambientales. Recuperado de <http://www.rds.org.co/politicas.html>

Rice, E., Baird, R., Eaton, A. & Clesceri, L. (Ed.). (2012). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd Edition. Washington: American Water Works Association/American Public Works Association/Water Environment Federation

Sánchez, D. (2008). *Reducción de Cr (VI) y biosorción de cromo por materiales biológicos inactivos*. Instituto Politécnico Nacional, México Distrito Federal.

Sánchez, G. (2002). Desarrollo y Medio Ambiente, Una mirada a Colombia. *Economía y Desarrollo-Marzo 2002*. 1(1). Recuperado de <http://www.fuac.edu.co/revista/M/seis.pdf>

Sarin, V. & Pant, K. (2006). Removal of chromium from industrial waste by using eucalyptus bark. *Bioresource Technology*, 97(1), 15-20. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960852405001215>

Shafique, U., Anwar, J. & Anzano, J. (2011). Treatment of chromium polluted water through biosorption, an environment friendly approach. Chapter 9. Chromium: Environmental, Medical and Materials Studies ISBN: 978-1-61122-656-0. Editor: Margaret P. Salden. Nova Science Publishers, Inc. Recuperado de <http://web.a.ebscohost.com/ehost/ebookviewer/ebook/bmxlYmtfXzQzOTU5OV9fQU41?sid=20f15589-2a84-421a-baf5-49a4ce637ddb@sessionmgr4004&vid=4&format=EB&rid=10>

Sharma, D.C. & Forster, C.F. (1994) A preliminary examination into the adsorption of hexavalent chromium using low-cost adsorbents. *Biores. Technol.*, 47, 257-264.

Sharma, Y. (2012). *A guide to the economical removal of metal from aqueous*

solutions. John Wiley & Sons.

Singha, B., Kumar, T., Bhattacharya, K. & Das, S. (2011). Cr(VI) Ions Removal from Aqueous Solutions Using Natural Adsorbents—FTIR Studies. *Journal of Environmental Protection*, 2, 729-735.

Sud, D., Mahajan, G. & Kaur, M. (2008). Agricultural waste material as potential adsorbent for sequestering heavy metal ions from aqueous solution- a review. *Bioresource Technology*, 99, 6017-6027. doi:10.1016/j.biortech.2007.11.064

Torres, L., Cárdenas, J., Moctezuma, M., Martínez, V. & Acosta, I. (2012). Remoción de cromo hexavalente por la cáscara de plátano (*Musa cavendishii*). *Química hoy chemistry sciences*, 2, 29-32. Recuperado de <http://www.exeedu.com/publishing.cl/inicio.php?lnk=ctnd&id=182>

Ulrich, F., 1987. Changes in Metals Mobilities in Aquatic and Terrestrial Cycles. In: Metals Speciation, Separation, and Recovery. Patterson, J.W. and Passino, R, Eds. Lewis Publishers, Inc. USA. 3- 26.

Vegliò, F. & Beolchini, F. (1997). Removal of metals by biosorption: a review. *Hidrometallurgy*, 44(3), 301-316. Recuperado de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304386X9600059X>

Vinodhini, V. & Nilanjana, D. (2009). Biowastematerials as sorbents to remove chromium(VI) from aqueous environment- a comparative study. *Journal of Agricultural and Biological Science*, 4(6), 19-23.

Vinodhini, V., Anabarasu, V. & Nilanjana, D. (2010). Screening of natural waste products for the removal of Cr (VI) ions from industrial effluents. *Indian Journal of Natural Products and Resources*, 1(2), 174-180.


Wang, J. & Chen, C. (2009). Biosorbents for heavy metal removal and their future. *Biotechnology Advances*, 27, 195-226. doi: 10.1016/j.biotechadv.2008.11.002

8. ANEXOS

ANEXOS

8.1. ANEXO A

Resultado Espectrómetro de Absorción Atómica Perkin Elmer 2380 para la muestra madre de la curtiembre de Pandiaco- Pasto (Nariño)

		SECCION DE LABORATORIOS INFORME DE RESULTADOS		Código: LBE- Página: 1 Versión: 03 Vigencia a partir del: 2014-05-19	
"Laboratorio Acreditado por el IDEAM para los parámetros, pH, GRASAS Y ACEITES, SÓLIDOS TOTALES, SÓLIDOS SUSPENDIDOS, DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO, DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO, según Resolución No 3566 del 11 de diciembre de 2014"					
FECHA EMISIÓN RESULTADOS:		2016-05-27		REPORTE No: LAQ-R-73-16	
AREA: LABORATORIO DE ANALISIS QUÍMICO Y AGUAS					
DATOS USUARIO			DATOS MUESTRAS		
Solicitante: WILLIAM ALEXANDER ROSAS A. Dirección: MZ 60 CASA 12 B/ CHAMBU Teléfono: 3182586615 Nit: 87.0690.687 e-mail: alexanderarevalo85@hotmail.com Solicitud No: LAQ-C-135-16			Tipo de Muestra: AGUA RESIDUAL Tipo de Muestra: SÓLIDO Sitio de Toma: CURTIEMBRE Responsable del Muestra: EXTERNO: WILLIAM ROSAS Fecha de Muestra: 2016-05-26 Fecha Recepción Muestra en Laboratorio: 2016-05-06		
TIPO DE ANALIS SOLICITADOS			FISICOQUÍMICO PARCIAL		
Código Muestra		Descripción			
LAQ-175-16		CURTIEMBRE			
PARAMETRO	METODO	TECNICA	UNIDAD DE MEDIDA	FECHA DE ANALISIS	CODIGO MUESTRA
					LAQ-175-16
CROMO	ESPECTROFOTOMETRÍA DE ABSORCIÓN ATÓMICA	ESPECTROFOTÓMETRO AA	mg/L	2016-05-27	165,00
OBSERVACIONES					
DESVIACIONES / EXCLUSIONES / ACLARACIONES AL INFORME			FIN INFORME DE RESULTADOS		

LOS RESULTADO SON VALIDOS UNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA

RECIBIDA SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL SIN PERMISO AUTORIZACION DEL LABORATORIO

Elaboró: Yaneth A. 2016/05/12
 Revisó: 2016/05/27 JR



 NANCY GALINDEZ
 Bacterióloga Registro No 125
 Universidad de Nariño


 JOHANA RODRIGUEZ
 Química PQ-2666 CPQ
 Universidad de Nariño

Nuestro Compromiso Universitario es la Excelencia
 Ciudad Universitaria- Torobajo - Teléfonos 7315850 - 7311449 Ext. 222 - 256 Telefax 7314477 - A.A. 1175 y 1176

8.2. ANEXO B

Resultado Espectrómetro de Absorción Atómica Perkin Elmer 2380 para muestra sintética preparada teóricamente

		SECCION DE LABORATORIOS INFORME DE RESULTADOS		Código: LBE- Página: 1 Versión: 03 revisión a partir de 2014-05-19	
<p>"Laboratorio Acreditado por el IDEAM para los parámetros, pH, GRASAS Y ACEITES, SÓLIDOS TOTALES, SÓLIDOS SUSPENDIDOS, DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO, DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO, según Resolución No 3566 del 11 de diciembre de 2014"</p>					
FECHA EMISIÓN RESULTADOS:		2016-08-24		REPORTE No: LAQ-R-118A-16	
AREA:		LABORATORIO DE ANALISIS QUÍMICO Y AGUAS			
DATOS USUARIO			DATOS MUESTRAS		
Solicitante:	WILLIAM ROSAS		Tipo de Muestra:	AGUA RESIDUAL	
Dirección:	MANZANA 60 CASA 2 BARRIO CHAMBU		Tipo de Muestreo:	SIMPLE	
Teléfono:	3182586615		Sitio de Toma:	PASTO	
nit:	87069687		Responsable del Muestreo:	EXTERNO: WILLIAM ROSAS	
e-mail:	alexander arevalo85@hotmail.com		Fecha de Muestreo:	2016-08-11	
Solicitud No:	LAQ-C-210-16		Fecha Recepción Muestra en Laboratorio:	2016-08-11	
TIPO DE ANALISIS SOLICITADOS			FISICOQUÍMICO PARCIAL		
Código Muestra		Descripción			
LAQ-249-16		AGUA RESIDUAL SINTÉTICA 1			
PARAMETRO	METODO	TECNICA	UNIDAD DE MEDIDA	FECHA DE ANALISIS	CODIGO MUESTRA
					LAQ-249-16
CROMO HEXAVALENTE	ESTANDAR METODOS EDICION No 17 3588C-11	ESPECTROFOTO. A.A	mg Cr+6 / L	2016-08-12	135
OBSERVACIONES					
DESVIACIONES / EXCLUSIONES / ACLARACIONES AL INFORME			FIN INFORME DE RESULTADOS		

LOS RESULTADO SON VALIDOS UNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA

PROHIBIDA SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL SIN PREVIA AUTORIZACION DEL LABORATORIO

Elaboró: 2016/08/23 CAROLINA Z.
 Revisó: 2016/08/24 JR

original firmado
 NANCY GALINDEZ
 Bacterióloga Registro No 125
 Universidad de Nariño

original firmado
 JOHANA RODRIGUEZ
 Química PQ -2828 CPQ
 Universidad de Nariño

Nuestro Compromiso Universitario es la Excelencia

Ciudad Universitaria- Torobajo - Teléfonos 7315850 - 7311449 Ext. 222 - 256 Telefax 7314477 - A.A. 1175 y 1176

8.3. ANEXO C.

Resultado Espectrómetro de Absorción Atómica Perkin Elmer 2380 para muestras sintéticas con biomaterial (cascara de café y papa) y carbón activado



Carbón activado

		SECCION DE LABORATORIOS INFORME DE RESULTADOS		Código: LBE- Página: 1 Versión: 03 Vigencia a partir del: 2014-05-19	
"Laboratorio Acreditado por el IDEAM para los parametros, pH, GRASAS Y ACEITES, SOLIDOS TOTALES, SOLIDOS SUSPENDIDOS, DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO, DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO, según Resolución No 3566 del 11 de diciembre de 2014"					
FECHA EMISION RESULTADOS:		2016-08-24		REPORTE No: LAQ-R-1188-16	
AREA:		LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO Y AGUAS			
DATOS USUARIO			DATOS MUESTRAS		
Solicitante: WILLIAM ROSAS Dirección: MANZANA 60 CASA 2 BARRIO CHAMBIJ Teléfono: 3182586615 Nit: 87069687 e-mail: alexander.arevalo85@hotmail.com Solicitud No: LAQ-C-210-16			Tipo de Muestra: AGUA RESIDUAL Tipo de Muestreo: SIMPLE Sitio de Toma: PASTO Responsable del Muestreo: EXTERNO: WILLIAM ROSAS Fecha de Muestreo: 2016-08-11 Fecha Recepción Muestra en Laboratorio: 2016-08-11		
TIPO DE ANALIS SOLICITADOS			FISICOQUIMICO PARCIAL		
Código Muestra LAQ-250-16		Descripción AGUA RESIDUAL SINTETICA 2			
PARAMETRO	METODO	TECNICA	UNIDAD DE MEDIDA	FECHA DE ANALISIS	CODIGO MUESTRA
CROMO HEXAVALENTE	ESTANDAR METODOS EDICION No 17 20000-0	ESPECTROFOTOD, A.A	mg Cr+6 / L	2016-08-13	LAQ-250-16
					67,5
OBSERVACIONES					
DESVIACIONES / EXCLUSIONES / ACLARACIONES AL INFORME			FIN INFORME DE RESULTADOS		

LOS RESULTADO SON VALIDOS UNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA

PROHIBIDA SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL SIN PREVIA AUTORIZACION DEL LABORATORIO

Papa 1g - 0,8 mm

		SECCION DE LABORATORIOS INFORME DE RESULTADOS		Código: LBE- Página: 1 Versión: 03 Revisión: a partir de 2014-05-19	
<p>"Laboratorio Acreditado por el IDEAM para los parámetros, pH, GRASAS Y ACEITES, SÓLIDOS TOTALES, SÓLIDOS SUSPENDIDOS, DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO, DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO, según Resolución No 3566 del 11 de diciembre de 2014"</p> 					
FECHA EMISIÓN RESULTADOS:		2016-08-24		REPORTE No:	
AREA:		LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO Y AGUAS			
DATOS USUARIO			DATOS MUESTRAS		
Solicitante: WILLIAM ROSAS			Tipo de Muestra: AGUA RESIDUAL		
Dirección: MANZANA 60 CASA 2 BARRIO CHAMBU			Tipo de Muestreo: SIMPLE		
Teléfono: 3182586615			Sitio de Toma: PASTO		
Cel: 87069687			Responsable del Muestreo: EXTERNO: WILLIAM ROSAS		
e-mail: alexander.arevalo85@hotmail.com			Fecha de Muestreo: 2016-08-11		
Solicitud No: LAQ-C-210-16			Fecha Recepción Muestra en Laboratorio: 2016-08-11		
TIPO DE ANALIS SOLICITADOS			FISICOQUIMICO PARCIAL		
Código Muestra LAQ-251-16		Descripción AGUA RESIDUAL SINTETICA 3			
PARAMETRO	METODO	TECNICA	UNIDAD DE MEDIDA	FECHA DE ANALISIS	CODIGO MUESTRA
					LAQ-251-16
CROMO HEXAVALENTE	ESTANDAR METODOS EDICIÓN No 17 20080-0	ESPECTROFOTO. A.A	mg Cr-6/L	2016-08-11	17,5
OBSERVACIONES					
DESVIACIONES / EXCLUSIONES / ACLARACIONES AL INFORME			FIN INFORME DE RESULTADOS		

LOS RESULTADO SON VALIDOS ÚNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA

PROHIBIDA SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL SIN PREVIA AUTORIZACION DEL LABORATORIO

Elaboró: 2016/08/23 CAROLINA Z.
 Revisó: 2016/08/24 JB

original firmado
 NANCY GALINDEZ
 Bacterióloga Registro No 125
 Universidad de Nariño

original firmado
 JOHANA RODRIGUEZ
 Química PQ -2828 CPQ
 Universidad de Nariño

Nuestro Compromiso Universitario es la Excelencia
 Ciudad Universitaria- Torobajo - Teléfonos 7315850 - 7311449 Ext. 222 - 256 Telefax 7314477 - A.A. 1175 y 1176

Para 2g - 0,8 mm

		SECCION DE LABORATORIOS INFORME DE RESULTADOS		Código: LBE- Página: 1 Versión: 03 y seguir a partir de 2014-05-19	
<p>"Laboratorio Acreditado por el IDEAM para los parámetros, pH, GRASAS Y ACEITES, SOLIDOS TOTALES, SOLIDOS SUSPENDIDOS, DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO, DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO, según Resolución No 3566 del 11 de diciembre de 2014"</p> 					
FECHA EMISION RESULTADOS:		2016-08-24		REPORTE No:	
AREA:		LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO Y AGUAS			
DATOS USUARIO			DATOS MUESTRAS		
Solicitante: WILLIAM ROSAS			Tipo de Muestra: AGUA RESIDUAL		
Dirección: MANZANA 60 CASA 2 BARRIO CHAMBU			Tipo de Muestreo: SIMPLE		
Teléfono: 3182586615			Sitio de Toma: PASTO		
nit: 87069687			Responsable del Muestreo: EXTERNO: WILLIAM ROSAS		
e-mail: alexander.arevalo85@hotmail.com			Fecha de Muestreo: 2016-08-11		
Solicitud No: LAQ-C-210-16			Fecha Recepción Muestra en Laboratorio: 2016-08-11		
TIPO DE ANALIS SOLICITADOS			FISICOQUIMICO PARCIAL		
Código Muestra LAQ-252-16		Descripción			
		AGUA RESIDUAL SINTETICA 4			
PARAMETRO	METODO	TECNICA	UNIDAD DE MEDIDA	FECHA DE ANALISIS	CODIGO MUESTRA
					LAQ-252-16
CROMO HEXAVALENTE	ESTANDAR METODOS EDICION No 17 2000-0	ESPECTROFOTO. A.A.	mg Cr+6 / L	2016-08-12	2,5
OBSERVACIONES					
DESVIACIONES / EXCLUSIONES / ACLARACIONES AL INFORME			FIN INFORME DE RESULTADOS		

LOS RESULTADO SON VALIDOS UNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA

PROHIBIDA SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL SIN PREVIA AUTORIZACION DEL LABORATORIO

Elaboró: 2016/08/23 CAROLINA Z.
 Revisó: 2016/08/24 JR

original firmado
 NANCY GALINDEZ
 Bacterióloga Registro No 125
 Universidad de Nariño

original firmado
 JOHANA RODRIGUEZ
 Química PQ -2828 CPQ
 Universidad de Nariño

Nuestro Compromiso Universitario es la Excelencia

Ciudad Universitaria- Torobajo - Teléfonos 7315850 - 7311449 Ext. 222 - 256 Telefax 7314477 - A.A. 1175 y 1176

Papa 1g - 0,5 mm

		SECCION DE LABORATORIOS INFORME DE RESULTADOS		Código: LBE- Página: 1 Versión: 03 vigencia a partir del 2014-05-19	
"Laboratorio Acreditado por el IDEAM para los parametros, pH, GRASAS Y ACEITES, SOLIDOS TOTALES, SOLIDOS SUSPENDIDOS, DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO, DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO, según Resolución No 3566 del 11 de diciembre de 2014"					
FECHA EMISION RESULTADOS:		2016-08-24		REPORTE No:	
AREA:		LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO Y AGUAS			
DATOS USUARIO			DATOS MUESTRAS		
Solicitante: WILLIAM ROSAS			Tipo de Muestra: AGUA RESIDUAL		
Dirección: MANZANA 60 CASA 2 BARRIO CHAMBU			Tipo de Muestreo: SIMPLE		
Teléfono: 3182586615			Sitio de Toma: PASTO		
nit: 87069687			Responsable del Muestreo: EXTERNO: WILLIAM ROSAS		
e-mail: alexander arevalo85@hotmail.com			Fecha de Muestreo: 2016-08-11		
Solicitud No: LAQ-C-210-16			Fecha Recepción Muestra en Laboratorio: 2016-08-11		
TIPO DE ANALIS SOLICITADOS		FISICOQUIMICO PARCIAL			
Código Muestra LAQ-253-16		Descripción AGUA RESIDUAL SINTETICA 5			
PARAMETRO	METODO	TECNICA	UNIDAD DE MEDIDA	FECHA DE ANALISIS	CODIGO MUESTRA
CRONIO HEXAVALENTE	ESTANDAR METODOS EDICION No 17 35980-D	ESPECTROFOTO, A.A	mg Cr+6 / L	2016-08-12	LAQ-253-16
25					
OBSERVACIONES					
DESVIACIONES / EXCLUSIONES / ACLARACIONES AL INFORME			FIN INFORME DE RESULTADOS		

LOS RESULTADO SON VALIDOS UNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA

PROHIBIDA SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL SIN PREVIA AUTORIZACION DEL LABORATORIO

Elaboró: 2016/08/23 CAROLINA Z.
 Revisó: 2016/08/24 JR

original firmado
 NANCY GALINDEZ
 Bacterióloga Registro No 125
 Universidad de Nariño

original firmado
 JOHANA RODRIGUEZ
 Química PQ -2828 CPQ
 Universidad de Nariño

Nuestro Compromiso Universitario es la Excelencia

Ciudad Universitaria- Torobajo - Teléfonos 7315850 - 7311449 Ext. 222 - 256 Telefax 7314477 - A.A. 1175 y 1176

Papa 2g - 0,5 mm

		SECCION DE LABORATORIOS INFORME DE RESULTADOS		Código: LBE- Página: 1 Versión: 03 vigente a partir de: 2014-05-19	
"Laboratorio Acreditado por el IDEAM para los parámetros, pH, GRASAS Y ACEITES, SÓLIDOS TOTALES, SÓLIDOS SUSPENDIDOS, DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO, DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO, según Resolución No 3566 del 11 de diciembre de 2014"					
FECHA EMISIÓN RESULTADOS:		2016-08-24		REPORTE No:	
AREA:		LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO Y AGUAS			
DATOS USUARIO			DATOS MUESTRAS		
Solicitante: WILLIAM ROSAS			Tipo de Muestra: AGUA RESIDUAL		
Dirección: MANZANA 60 CASA 2 BARRIO CHAMBU			Tipo de Muestreo: SIMPLE		
Teléfono: 3182586615			Sitio de Toma: PASTO		
Nit: 87069687			Responsable del Muestreo: EXTERNO: WILLIAM ROSAS		
e-mail: alexander arevalo85@hotmail.com			Fecha de Muestreo: 2016-08-11		
Solicitud No: LAQ-C-210-16			Fecha Recepción Muestra en Laboratorio: 2016-08-11		
TIPO DE ANALIS SOLICITADOS			FISICOQUIMICO PARCIAL		
Código Muestra LAQ-254-16			Descripción		
			AGUA RESIDUAL SINTETICA 6		
PARAMETRO	METODO	TECNICA	UNIDAD DE MEDIDA	FECHA DE ANALISIS	CODIGO MUESTRA
					LAQ-254-16
CROMO HEXAVALENTE	ESTANDAR METODOS EDICION No 17 35092-0	ESPECTROFOTO. A.A	mg Cr+6 / L	2016-08-12	2,5
OBSERVACIONES					
DESVIACIONES / EXCLUSIONES / ACLARACIONES AL INFORME			FIN INFORME DE RESULTADOS		

LOS RESULTADO SON VALIDOS UNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA

PROHIBIDA SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL SIN PREVIA AUTORIZACION DEL LABORATORIO

Elaboró: 2016/08/23 CAROLINA Z.
 Revisó: 2016/08/24 JR

original firmado
 NANCY GALINDEZ
 Bacterióloga Registro No 125
 Universidad de Nariño

original firmado
 JOHANA RODRIGUEZ
 Química PQ -2828 CPQ
 Universidad de Nariño

Nuestro Compromiso Universitario es la Excelencia

Ciudad Universitaria-Torobajo • Teléfonos 7315850 • 7311449 Ext. 222 • 256 Telefax 7314477 - A.A. 1175 y 1176

Café 1g - 0,8 mm

		SECCION DE LABORATORIOS INFORME DE RESULTADOS		Código: LBE- Página: 1 Versión: 03 Vigencia a partir del: 2014-05-19	
<p>"Laboratorio Acreditado por el IDEAM para los parametros, pH, GRASAS Y ACEITES, SOLIDOS TOTALES, SOLIDOS SUSPENDIDOS, DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO, DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO, según Resolución No 3566 del 11 de diciembre de 2014"</p> 					
FECHA EMISION RESULTADOS:		2016-08-24		REPORTE No: LAQ-R-118G-16	
AREA:		LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO Y AGUAS			
DATOS USUARIO			DATOS MUESTRAS		
Solicitante: WILLIAM ROSAS Dirección: MANZANA 60 CASA 2 BARRIO CHAMBU Teléfono: 3182586615 Nit: 87069687 e-mail: alexander arevalo85@hotmail.com Solicitud No: LAQ-C-210-16			Tipo de Muestra: AGUA RESIDUAL Tipo de Muestreo: SIMPLE Sitio de Toma: PASTO Responsable del Muestreo: EXTERNO: WILLIAM ROSAS Fecha de Muestreo: 2016-08-11 Fecha Recepción Muestra en Laboratorio: 2016-08-11		
TIPO DE ANALIS SOLICITADOS		FISICOQUIMICO PARCIAL			
Código Muestra LAQ-255-16		Descripción			
		AGUA RESIDUAL SINTETICA 7			
PARAMETRO	METODO	TECNICA	UNIDAD DE MEDIDA	FECHA DE ANALISIS	CODIGO MUESTRA
					LAQ-255-16
CROMO HEXAVALENTE	ESTANDAR METODOS EDICION No 17 30950-0	ESPECTROFOTO. A.A	mg Cr=6 / L	2016-08-12	27,5
OBSERVACIONES					
DESVIACIONES / EXCLUSIONES / ACLARACIONES AL INFORME			FIN INFORME DE RESULTADOS		

LOS RESULTADO SON VALIDOS UNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA

PROHIBIDA SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL SIN PREVIA AUTORIZACION DEL LABORATORIO

Elaboró: 2016/08/23 CAROLINA Z.
 Revisó: 2016/08/24 JR

original firmado
 NANCY GALINDEZ
 Bacterióloga Registro No 125
 Universidad de Nariño

original firmado
 JOHANA RODRIGUEZ
 Química PQ -2828 CPQ
 Universidad de Nariño

Nuestro Compromiso Universitario es la Excelencia

Ciudad Universitaria- Torobajo • Teléfonos 7315850 • 7311449 Ext. 222 • 256 Telefax 7314477 • A.A. 1175 y 1176

Café 2g - 0.8mm

		SECCION DE LABORATORIOS INFORME DE RESULTADOS		Código: LBE- Página: 1 Versión: 03 vigente a partir de: 2014-05-19	
"Laboratorio Acreditado por el IDEAM para los parametros, pH, GRASAS Y ACEITES, SOLIDOS TOTALES, SOLIDOS SUSPENDIDOS, DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO, DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO, según Resolución No 3566 del 11 de diciembre de 2014"					
FECHA EMISION RESULTADOS: 2016-08-24		REPORTE No:		LAQ-R-118H-16	
AREA: LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO Y AGUAS					
DATOS USUARIO			DATOS MUESTRAS		
Solicitante: WILLIAM ROSAS Dirección: MANZANA 60 CASA 2 BARRIO CHAMBU Teléfono: 3182586615 nit: 87069687 e-mail: alexander.arevalo85@hotmail.com Solicitud No: LAQ-C-210-16			Tipo de Muestra: AGUA RESIDUAL Tipo de Muestreo: SIMPLE Sitio de Toma: PASTO Responsable del Muestreo: EXTERNO: WILLIAM ROSAS Fecha de Muestreo: 2016-08-11 Fecha Recepción Muestra en Laboratorio: 2016-08-11		
TIPO DE ANALIS SOLICITADOS: FISICOQUIMICO PARCIAL					
Código Muestra LAQ-256-16		Descripción AGUA RESIDUAL SINTETICA 8			
PARAMETRO	METODO	TECNICA	UNIDAD DE MEDIDA	FECHA DE ANALISIS	CODIGO MUESTRA LAQ-256-16
CROMO HEXAVALENTE	ESTANDAR METODOS EDICION No 17 35080-0	ESPECTROFOTO. A.A	mg Cr+6 / L	2016-08-12	0,83
OBSERVACIONES					
DESVIACIONES / EXCLUSIONES / ACLARACIONES AL INFORME			FIN INFORME DE RESULTADOS		

LOS RESULTADO SON VALIDOS UNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA

PROHIBIDA SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL SIN PREVIA AUTORIZACION DEL LABORATORIO

Elaboró: 2016/08/23 CAROLINA Z.
 Revisó: 2016/08/24 JR

original firmado
 NANCY GALINDEZ
 Bacterióloga Registro No 125
 Universidad de Nariño

original firmado
 JOHANA RODRIGUEZ
 Química PQ -2828 CPQ
 Universidad de Nariño

Nuestro Compromiso Universitario es la Excelencia
 Ciudad Universitaria- Torobajo - Teléfonos 7315850 - 7311449 Ext. 222 - 256 Telefax 7314477 - A.A. 1175 y 1176

Café 1g - 0,5 mm

		SECCION DE LABORATORIOS INFORME DE RESULTADOS		Código: LBE- Página: 1 Versión: 03 Registra a partir de: 2014-05-19	
"Laboratorio Acreditado por el IDEAM para los parametros, pH, GRASAS Y ACEITES, SOLIDOS TOTALES, SOLIDOS SUSPENDIDOS, DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO, DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO, según Resolución No 3566 del 11 de diciembre de 2014"					
FECHA EMISION RESULTADOS: 2016-08-24		REPORTE No:		LAQ-R-1181-16	
AREA: LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO Y AGUAS					
DATOS USUARIO			DATOS MUESTRAS		
Solicitante: WILLIAM ROSAS			Tipo de Muestra: AGUA RESIDUAL		
Dirección: MANZANA 60 CASA 2 BARRIO CHAMBU			Tipo de Muestreo: SIMPLE		
Teléfono: 3182586615			Sitio de Toma: PASTO		
nit: 87069687			Responsable del Muestreo: EXTERNO: WILLIAM ROSAS		
e-mail: alexander.arevalo85@hotmail.com			Fecha de Muestreo: 2016-08-11		
Solicitud No: LAQ-C-210-16			Fecha Recepción Muestra en Laboratorio: 2016-08-11		
TIPO DE ANALIS SOLICITADOS			FISICOQUIMICO PARCIAL		
Código Muestra LAQ-257-16		Descripción AGUA RESIDUAL SINTETICA 9			
PARAMETRO	METODO	TECNICA	UNIDAD DE MEDIDA	FECHA DE ANALISIS	CODIGO MUESTRA
					LAQ-257-16
CROMO HEXAVALENTE	ESTANDAR METODOS EDICION No 17 2009C-D	ESPECTROFOTO, A.A	mg Cr+6 / L	2016-08-12	1,67
OBSERVACIONES					
DESVIACIONES / EXCLUSIONES / ACLARACIONES AL INFORME			FIN INFORME DE RESULTADOS		

LOS RESULTADO SON VALIDOS UNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA

PROHIBIDA SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL SIN PREVIA AUTORIZACION DEL LABORATORIO

Elaboró: 2016/08/23 CAROLINA Z.
 Revisó: 2016/08/24 JB

original firmado
 NANCY GALINDEZ
 Bacterióloga Registro No 125
 Universidad de Nariño

original firmado
 JOHANA RODRIGUEZ
 Química PQ -2828 CPQ
 Universidad de Nariño

Nuestro Compromiso Universitario es la Excelencia

Ciudad Universitaria- Torobajo • Teléfonos 7315850 • 7311449 Ext. 222 • 256 Telefax 7314477 • A.A. 1175 y 1176

Café 2g - 0,5 mm

		SECCION DE LABORATORIOS INFORME DE RESULTADOS		Código: LBE- Página: 1 Versión: 03 Registra a partir de: 2014-05-19	
"Laboratorio Acreditado por el IDEAM para los parametros, pH, GRASAS Y ACEITES, SOLIDOS TOTALES, SOLIDOS SUSPENDIDOS, DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO, DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO, según Resolución No 3566 del 11 de diciembre de 2014"					
FECHA EMISION RESULTADOS: 2016-08-24		REPORTE No:		LAQ-R-118J-16	
AREA: LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICO Y AGUAS					
DATOS USUARIO			DATOS MUESTRAS		
Solicitante: WILLIAM ROSAS			Tipo de Muestra: AGUA RESIDUAL		
Dirección: MANZANA 60 CASA 2 BARRIO CHAMBU			Tipo de Muestreo: SIMPLE		
Teléfono: 3182586615			Sitio de Toma: PASTO		
nit: 87069687			Responsable del Muestreo: EXTERNO: WILLIAM ROSAS		
e-mail: alexander arevalo85@hotmail.com			Fecha de Muestreo: 2016-08-11		
Solicitud No: LAQ-C-210-16			Fecha Recepción Muestra en Laboratorio: 2016-08-11		
TIPO DE ANALIS SOLICITADOS			FISICOQUIMICO PARCIAL		
Código Muestra LAQ-258-16		Descripción AGUA RESIDUAL SINTETICA 10			
PARAMETRO	METODO	TECNICA	UNIDAD DE MEDIDA	FECHA DE ANALISIS	COO:GO MUESTRA
					LAQ-258-16
CROMO HEXVALENTE	ESTANDAR METODOS EDICION No 17 35090-0	ESPECTROFOTO. A.A	mg Cr+6 / L	2016-08-12	1,25
OBSERVACIONES					
DESVIACIONES / EXCLUSIONES / ACLARACIONES AL INFORME			FIN INFORME DE RESULTADOS		

LOS RESULTADO SON VALIDOS UNICAMENTE PARA LA MUESTRA ANALIZADA

PROHIBIDA SU REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL SIN PREVIA AUTORIZACION DEL LABORATORIO

Elaboró: 2016/08/23 CAROLINA Z.
 Revisó: 2016/08/24 JB

original firmado
 NANCY GALINDEZ
 Bacterióloga Registro No 125
 Universidad de Nariño

original firmado
 JOHANA RODRIGUEZ
 Química PQ -2828 CPQ
 Universidad de Nariño

Nuestro Compromiso Universitario es la Excelencia

Ciudad Universitaria- Torobajo - Teléfonos 7315850 - 7311449 Ext. 222 - 256 Telefax 7314477 - A.A. 1175 y 1176

8.4.ANEXO D

GLOSARIO

CURTIEMBRES: tienda o taller donde se llevan a cabo las diversas tareas que componen el procedimiento de transformación de pieles el cual se compone de cuatro fases: la limpieza, el curtido, el recurtimento y el acabado.

CROMO (VI): Es un metal que se halla espontáneamente en el agua, el suelo y las rocas. Además, hay niveles traza de cromo en el medio ambiente, el cual proviene de la actividad industrial.

ADSORCIÓN: proceso de separación mediante el cual ciertos componentes de una fase fluida, líquida o gaseosa, son transferidos hacia un sustrato sólido, quedando física o químicamente enlazados a la superficie del adsorbente.

CÁSCARA DE CAFÉ: material bioadsorbente empleado para remoción de cromo VI por ser un excelente precursor de carbón activado de alta calidad debido a que a medida que se incrementa el contenido de lignina se aumenta la capacidad de remoción de metales como el cromo VI.

CÁSCARA DE PAPA: material bioadsorbente para remoción de cromo VI el cual presenta una dosificación de adsorbente de 4 g/L, eficaz en la eliminación completa del ion metálico a pH 2,5 en 48 minutos con un porcentaje de eliminación del 74,84% y de 87,79% a partir de concentraciones de 100 mg/L y 60 mg/L de Cr (VI) respectivamente.

ESPECTROMETRÍA DE ADSORCIÓN ATÓMICA: es un método instrumental de la química analítica que permite medir las concentraciones específicas de un material en una mezcla y determinar una gran variedad de elementos.